

2

Docket No.: 54024-022

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of

Shigeaki TOCHIMOTO, et al.

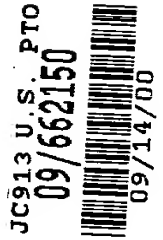
Serial No.:

Group Art Unit:

Filed: September 14, 2000

Examiner:

For: APPARATUS FOR FORMING A THREE-DIMENSIONAL PRODUCT



**CLAIM OF PRIORITY AND
TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENTS**

Assistant Commissioner for Patents
Washington, DC 20231

Sir:

In accordance with the provisions of 35 U.S.C. 119, Applicants hereby claim the priority of:

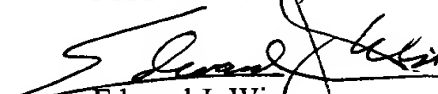
Japanese Patent Application No. 11-260394, filed September 14, 1999
and

Japanese Patent Application No. 2000-153394, filed May 24, 2000

cited in the Declaration of the present application. Certified copies are submitted herewith.

Respectfully submitted,

MCDERMOTT, WILL & EMERY


Edward J. Wise
Registration No. 34,523

600 13th Street, N.W.
Washington, DC 20005-3096
(202) 756-8000 EJW:klm
Date: September 14, 2000
Facsimile: (202) 756-8087

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

54024-022
SEPTEMBER 14, 2000

Yochimoto et al.

McDermott, Will & Emery

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 5月24日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-153394

出 願 人

Applicant(s):

ミノルタ株式会社

JC913 U.S. PTO

09/662150

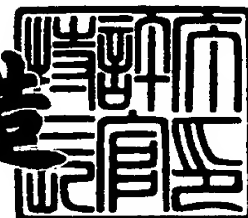


09/14/00

2000年 7月14日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2000-3054629

【書類名】 特許願

【整理番号】 TL03780

【提出日】 平成12年 5月24日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 B28B 1/16

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル ミノルタ株式会社内

 【氏名】 栃本 茂昭

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル ミノルタ株式会社内

 【氏名】 久保 直樹

【特許出願人】

 【識別番号】 000006079

 【氏名又は名称】 ミノルタ株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100089233

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 吉田 茂明

【選任した代理人】

 【識別番号】 100088672

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 吉竹 英俊

【選任した代理人】

 【識別番号】 100088845

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 有田 貴弘

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 平成11年特許願第260394号

【出願日】 平成11年 9月14日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 012852

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9805690

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 三次元造形装置および三次元造形方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 粉末材料に結合剤を付与して結合させることにより、造形対象物を平行な複数の面で切断した断面データに対応する前記粉末材料の結合体を順次形成して前記造形対象物に応じた三次元造形物を生成する三次元造形装置であって、

(a) 前記粉末材料の層を形成する層形成手段と、

(b) 前記粉末材料の層に対して、少なくとも 1 種類の結合剤を含む複数種類の材料を付与する付与手段と、

(c) 前記付与手段を制御することにより前記粉末材料の層の所定の領域に対して前記複数種類の材料を選択的に付与する制御手段と、
を備えることを特徴とする三次元造形装置。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の三次元造形装置において、

前記付与手段は、前記複数種類の材料のうちの一の材料の付与の後に他の一の材料の付与を行い、

前記一の材料は前記他の一の材料よりも付与後の安定化に要する時間が短いことを特徴とする三次元造形装置。

【請求項 3】 請求項 1 に記載の三次元造形装置において、

前記付与手段は、結合剤とインクとを付与することを特徴とする三次元造形装置。

【請求項 4】 請求項 3 に記載の三次元造形装置において、

前記付与手段は、前記インクの付与後に前記結合剤の付与を行うことを特徴とする三次元造形装置。

【請求項 5】 請求項 1 に記載の三次元造形装置において、

前記付与手段は、それぞれ異なる色を有する複数の結合剤を前記所定の領域に付与することを特徴とする三次元造形装置。

【請求項 6】 請求項 5 に記載の三次元造形装置において、

前記複数の結合剤は、それぞれ 3 原色で着色された 3 の結合剤を含むことを特

徴とする三次元造形装置。

【請求項 7】 請求項 5 または請求項 6 に記載の三次元造形装置において、
前記複数の結合剤は、白色で着色された結合剤を含むことを特徴とする三次元
造形装置。

【請求項 8】 請求項 5 ないし請求項 7 のいずれかに記載の三次元造形装置
において、

前記複数の結合剤は、無色透明または乳白色の結合剤を含むことを特徴とする
三次元造形装置。

【請求項 9】 請求項 5 ないし請求項 7 のいずれかに記載の三次元造形装置
において、

前記複数の結合剤は、無色透明の結合剤と、前記粉末材料の地色以外で着色さ
れた結合剤とを含むことを特徴とする三次元造形装置。

【請求項 10】 請求項 5 ないし請求項 9 のいずれかに記載の三次元造形装
置において、

前記所定の領域は、彩色領域と彩色不要領域で構成されおり、

前記彩色領域では、前記複数の結合剤を選択的に用いて前記粉末材料が結合さ
れるとともに、前記彩色不要領域では、前記複数の結合剤のうちの 1 つにより結
合されることを特徴とする三次元造形装置。

【請求項 11】 請求項 10 に記載の三次元造形装置において、

前記彩色領域は、前記三次元造形物の表面に現れる領域を含むことを特徴とす
る三次元造形装置。

【請求項 12】 請求項 10 または請求項 11 に記載の三次元造形装置にお
いて、

前記付与手段が、

前記複数の結合剤をそれぞれ収容し、前記付与手段に各結合剤を供給する複数
のタンクと、

前記複数のタンク内における前記各結合剤の残量を検出する検出手段と、
を備え、

前記各結合剤のうち前記複数のタンク内における残量が比較的多い結合剤を、

前記彩色不要領域に付与することを特徴とする三次元造形装置。

【請求項 1 3】 請求項 1 に記載の三次元造形装置において、

前記付与手段は、異なる質感をもたらす複数の結合剤を付与することを特徴とする三次元造形装置。

【請求項 1 4】 請求項 5 ないし請求項 1 3 のいずれかに記載の三次元造形装置において、

前記付与手段は、

前記複数の結合剤をそれぞれ吐出する複数のノズル、
を有することを特徴とする三次元造形装置。

【請求項 1 5】 請求項 1 ないし請求項 1 4 のいずれかに記載の三次元造形装置において、

前記粉末材料は、白色であることを特徴とする三次元造形装置。

【請求項 1 6】 請求項 1 5 に記載の三次元造形装置において、

前記粉末材料は、白色顔料により形成されることを特徴とする三次元造形装置

【請求項 1 7】 請求項 1 5 に記載の三次元造形装置において、

前記粉末材料に白色顔料の粉末が混合されていることを特徴とする三次元造形装置。

【請求項 1 8】 請求項 1 7 に記載の三次元造形装置において、

前記白色顔料の粉末が前記粉末材料の主要粒子よりも小さいことを特徴とする三次元造形装置。

【請求項 1 9】 請求項 1 5 に記載の三次元造形装置において、

前記粉末材料の粒子が白色顔料を含有することを特徴とする三次元造形装置。

【請求項 2 0】 請求項 1 5 ないし請求項 1 9 のいずれかに記載の三次元造形装置において、

前記白色顔料が酸化チタンであることを特徴とする三次元造形装置。

【請求項 2 1】 請求項 1 ないし請求項 1 4 のいずれかに記載の三次元造形装置において、

前記粉末材料は、無色透明であることを特徴とする三次元造形装置。

【請求項 2 2】 請求項 1 ないし請求項 2 1 のいずれかに記載の三次元造形装置において、

前記所定の領域における前記少なくとも 1 種類の結合剤の付与量は、前記粉末材料の層の主面に関して単位面積あたりほぼ同量であることを特徴とする三次元造形装置。

【請求項 2 3】 請求項 1 ないし請求項 2 2 のいずれかに記載の三次元造形装置において、

前記層形成手段が、

前記三次元造形物を形成すべき空間の左右両側の所定面の上に、前記粉末材料の左側の山と右側の山とを形成する手段と、

前記付与手段の左右両側に付設された左側および右側粉末拡散部材と、
を備え、

前記付与手段の左から右への移動に際して右側粉末拡散部材が前記粉末材料の左側の山を右方向に拡散して前記粉末材料の層を形成し、前記付与手段の右から左への移動に際して左側粉末拡散部材が前記粉末材料の右側の山を左方向に拡散して前記粉末材料の層を形成することを特徴とする三次元造形装置。

【請求項 2 4】 請求項 2 3 に記載の三次元造形装置において、

前記右側粉末拡散部材と前記左側粉末拡散部材とを相補的に昇降させることにより、一方の粉末拡散部材によって前記粉末材料の層の形成を行っている際には、他方の粉末拡散部材を上昇させて待避させる駆動手段、
をさらに備えることを特徴とする三次元造形装置。

【請求項 2 5】 粉末材料に結合剤を付与して結合させることにより、造形対象物を平行な複数の面で切断した断面データに対応する前記粉末材料の結合体を順次形成して前記造形対象物に応じた三次元造形物を生成する三次元造形方法であって、

(a) 前記粉末材料の層を形成する層形成工程と、

(b) 前記粉末材料の層の所定の領域に対して、少なくとも 1 種類の結合剤を含む複数種類の材料を選択的に付与する付与工程と、

(c) 前記工程 (a) および (b) を繰り返す工程と、

を備えることを特徴とする三次元造形方法。

【請求項 2 6】 粉末材料に結合剤を付与して結合させることにより造形対象物に対応する三次元造形物を生成する三次元造形装置において、

熱可塑性を有する粉末材料の層を順次積層して形成する層形成手段と、

前記層形成手段が前記層を形成するごとに前記層に対して結合剤を含む材料を付与することにより、前記造形対象物を平行な複数の面で切断した切断面に対応する前記粉末材料の結合体を順次形成する付与手段と、

前記層形成手段および前記付与手段により生成された三次元造形物を加熱する加熱手段と、

を備えることを特徴とする三次元造形装置。

【請求項 2 7】 請求項 2 6 に記載の三次元造形装置において、

前記加熱手段が、前記三次元造形物に向けて光を照射するランプを有することを特徴とする三次元造形装置。

【請求項 2 8】 粉末材料に結合剤を付与して結合させることにより造形対象物に対応する三次元造形物を生成する三次元造形方法において、

(a) 熱可塑性を有する粉末材料の層を形成する工程と、

(b) 前記層に対して結合剤を含む材料を付与することにより、前記造形対象物を一の面で切断した切断面に対応する前記粉末材料の結合体を形成する工程と、

(c) 前記工程(a)および(b)を繰り返すことにより、前記造形対象物を平行な複数の面で切断した切断面に対応する前記粉末材料の結合体を順次積層形成して三次元造形物を形成する工程と、

(d) 前記三次元造形物を加熱する工程と、
を有することを特徴とする三次元造形方法。

【請求項 2 9】 請求項 2 8 に記載の三次元造形方法において、

前記工程(d)にて前記三次元造形物に向けて光が照射されることを特徴とする三次元造形方法。

【請求項 3 0】 請求項 2 8 または請求項 2 9 に記載の三次元造形方法において、

前記粉末材料が熱可塑性樹脂により形成されることを特徴とする三次元造形方

法。

【請求項 3 1】 請求項 3 0 に記載の三次元造形方法において、
前記粉末材料が電子写真用トナーであることを特徴とする三次元造形方法。

【請求項 3 2】 請求項 2 8 ないし請求項 3 1 のいずれかに記載の三次元造
形方法において、

前記粉末材料が無色透明または白色であることを特徴とする三次元造形方法。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、三次元造形技術に関するものであって、特に、結合剤を付与して粉
末を結合させることにより、三次元造形物を生成する三次元造形技術に関するも
のである。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

従来より、立体的な造形対象物を平行な複数の面で切断した各断面に対応する
粉末の薄層を結合剤により順次結合させることによって、造形対象物の三次元モ
デルとなる造形物を生成する技術が知られている。

【 0 0 0 3 】

このような技術は、ラピッドプロトタイピングと呼ばれる部品試作に利用する
ことができ、例えば特許 2 7 2 9 1 1 0 号公報に開示されたものがある。この立
体造形の具体的な手順を以下で説明する。

【 0 0 0 4 】

まず、ブレード機構により粉末の薄層を平らな表面上に均一に拡げる。次に、
この粉末の薄層における所定の領域に対して、ノズルヘッドを走査させてバイン
ダ（結合剤）を吐出する。バインダが吐出された領域の粉末材料は、接合状態と
なるとともに、既に形成済の下層とも結合する。そして、造形物全体が完成する
まで、粉末層を上部に順次沈積させて、バインダを吐出する工程を繰り返す。最
終的に、バインダが付着されなかった領域は、粉末が個々に独立した状態、すな
わち互いに非結合な状態であるため、造形物を装置から取り出す際に落下させる

ことで分離する。以上により、所望の三次元造形物が得られることとなる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記の手法では、全体が単一の特性（質感、色）を有する造形物しか得られない。この造形物に彩色が必要な場合は、次工程で人手により行わなければならないため時間と費用が必要となる。また、人手での彩色では、三次元造形物の所定の位置に所望の模様などを確実に描くことが一般的に困難である。

【0006】

一方で、形成直後の三次元造形物はバインダによる接合力のみにより形作られているため、三次元造形物の取り扱い方法によっては強度が弱く壊れてしまう場合もある。そこで、従来より、形成後の三次元造形物の粉末粒子の間にワックスなどを浸透させることにより強度を増大させてきた。しかしながら、このような工程は手間と時間を要するのが実状である。

【0007】

本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、適切な三次元造形物を生成することができる三次元造形技術を提供することを主たる目的としている。特に、短時間かつ低コストで、種々の外観特性を有する三次元造形物を生成することを第1の目的としており、十分な強度を有する三次元造形物を容易に生成することを第2の目的としている。

【0008】

【課題を解決するための手段】

請求項1の発明は、粉末材料に結合剤を付与して結合させることにより、造形対象物を平行な複数の面で切断した断面データに対応する前記粉末材料の結合体を順次形成して前記造形対象物に応じた三次元造形物を生成する三次元造形装置であって、(a) 前記粉末材料の層を形成する層形成手段と、(b) 前記粉末材料の層に対して、少なくとも1種類の結合剤を含む複数種類の材料を付与する付与手段と、(c) 前記付与手段を制御することにより前記粉末材料の層の所定の領域に対して前記複数種類の材料を選択的に付与する制御手段とを備える。

【 0 0 0 9 】

請求項 2 の発明は、請求項 1 に記載の三次元造形装置において、前記付与手段は、前記複数種類の材料のうちの一の材料の付与の後に他の一の材料の付与を行い、前記一の材料は前記他の一の材料よりも付与後の安定化に要する時間が短い。

【 0 0 1 0 】

請求項 3 の発明は、請求項 1 に記載の三次元造形装置において、前記付与手段は、結合剤とインクとを付与する。

【 0 0 1 1 】

請求項 4 の発明は、請求項 3 に記載の三次元造形装置において、前記付与手段は、前記インクの付与後に前記結合剤の付与を行う。

【 0 0 1 2 】

請求項 5 の発明は、請求項 1 に記載の三次元造形装置において、前記付与手段は、それぞれ異なる色を有する複数の結合剤を前記所定の領域に付与する。

【 0 0 1 3 】

請求項 6 の発明は、請求項 5 に記載の三次元造形装置において、前記複数の結合剤は、それぞれ 3 原色で着色された 3 の結合剤を含む。

【 0 0 1 4 】

請求項 7 の発明は、請求項 5 または請求項 6 に記載の三次元造形装置において、前記複数の結合剤は、白色で着色された結合剤を含む。

【 0 0 1 5 】

請求項 8 の発明は、請求項 5 ないし請求項 7 のいずれかに記載の三次元造形装置において、前記複数の結合剤は、無色透明または乳白色の結合剤を含む。

【 0 0 1 6 】

請求項 9 の発明は、請求項 5 ないし請求項 7 のいずれかに記載の三次元造形装置において、前記複数の結合剤は、無色透明の結合剤と、前記粉末材料の地色以外で着色された結合剤とを含む。

【 0 0 1 7 】

請求項 1 0 の発明は、請求項 5 ないし請求項 9 のいずれかに記載の三次元造形

装置において、前記所定の領域は、彩色領域と彩色不要領域で構成されており、前記彩色領域では、前記複数の結合剤を選択的に用いて前記粉末材料が結合されるとともに、前記彩色不要領域では、前記複数の結合剤のうちの1つにより結合される。

【0018】

請求項11の発明は、請求項10に記載の三次元造形装置において、前記彩色領域は、前記三次元造形物の表面に現れる領域を含む。

【0019】

請求項12の発明は、請求項10または請求項11に記載の三次元造形装置において、前記付与手段が、前記複数の結合剤をそれぞれ収容し、前記付与手段に各結合剤を供給する複数のタンクと、前記複数のタンク内における前記各結合剤の残量を検出する検出手段とを備え、前記各結合剤のうち前記複数のタンク内における残量が比較的多い結合剤を、前記彩色不要領域に付与する。

【0020】

請求項13の発明は、請求項1に記載の三次元造形装置において、前記付与手段は、異なる質感をもたらす複数の結合剤を付与する。

【0021】

請求項14の発明は、請求項5ないし請求項13のいずれかに記載の三次元造形装置において、前記付与手段は、前記複数の結合剤をそれぞれ吐出する複数のノズルを有する。

【0022】

請求項15の発明は、請求項1ないし請求項14のいずれかに記載の三次元造形装置において、前記粉末材料は、白色である。

【0023】

請求項16の発明は、請求項15に記載の三次元造形装置において、前記粉末材料は、白色顔料により形成される。

【0024】

請求項17の発明は、請求項15に記載の三次元造形装置において、前記粉末材料に白色顔料の粉末が混合されている。

【 0 0 2 5 】

請求項 1 8 の発明は、請求項 1 7 に記載の三次元造形装置において、前記白色顔料の粉末が前記粉末材料の主要粒子よりも小さい。

【 0 0 2 6 】

請求項 1 9 の発明は、請求項 1 5 に記載の三次元造形装置において、前記粉末材料の粒子が白色顔料を含有する。

【 0 0 2 7 】

請求項 2 0 の発明は、請求項 1 5 ないし請求項 1 9 のいずれかに記載の三次元造形装置において、前記白色顔料が酸化チタンである。

【 0 0 2 8 】

請求項 2 1 の発明は、請求項 1 ないし請求項 1 4 のいずれかに記載の三次元造形装置において、前記粉末材料は、無色透明である。

【 0 0 2 9 】

請求項 2 2 の発明は、請求項 1 ないし請求項 2 1 のいずれかに記載の三次元造形装置において、前記所定の領域における前記少なくとも 1 種類の結合剤の付与量は、前記粉末材料の層の主面に関して単位面積あたりほぼ同量である。

【 0 0 3 0 】

請求項 2 3 の発明は、請求項 1 ないし請求項 2 2 のいずれかに記載の三次元造形装置において、前記層形成手段が、前記三次元造形物を形成すべき空間の左右両側の所定面の上に、前記粉末材料の左側の山と右側の山とを形成する手段と、前記付与手段の左右両側に付設された左側および右側粉末拡散部材とを備え、前記付与手段の左から右への移動に際して右側粉末拡散部材が前記粉末材料の左側の山を右方向に拡散して前記粉末材料の層を形成し、前記付与手段の右から左への移動に際して左側粉末拡散部材が前記粉末材料の右側の山を左方向に拡散して前記粉末材料の層を形成する。

【 0 0 3 1 】

請求項 2 4 の発明は、請求項 2 3 に記載の三次元造形装置において、前記右側粉末拡散部材と前記左側粉末拡散部材とを相補的に昇降させることにより、一方の粉末拡散部材によって前記粉末材料の層の形成を行っている際には、他方の粉

末拡散部材を上昇させて待避させる駆動手段をさらに備える。

【 0 0 3 2 】

請求項 2 5 の発明は、粉末材料に結合剤を付与して結合させることにより、造形対象物を平行な複数の面で切断した断面データに対応する前記粉末材料の結合体を順次形成して前記造形対象物に応じた三次元造形物を生成する三次元造形方法であって、(a) 前記粉末材料の層を形成する層形成工程と、(b) 前記粉末材料の層の所定の領域に対して、少なくとも 1 種類の結合剤を含む複数種類の材料を選択的に付与する付与工程と、(c) 前記工程(a)および(b)を繰り返す工程とを備える。

【 0 0 3 3 】

請求項 2 6 の発明は、粉末材料に結合剤を付与して結合させることにより造形対象物に対応する三次元造形物を生成する三次元造形装置において、熱可塑性を有する粉末材料の層を順次積層して形成する層形成手段と、前記層形成手段が前記層を形成するごとに前記層に対して結合剤を含む材料を付与することにより、前記造形対象物を平行な複数の面で切断した切断面に対応する前記粉末材料の結合体を順次形成する付与手段と、前記層形成手段および前記付与手段により生成された三次元造形物を加熱する加熱手段とを備える。

【 0 0 3 4 】

請求項 2 7 の発明は、請求項 2 6 に記載の三次元造形装置において、前記加熱手段が、前記三次元造形物に向けて光を照射するランプを有する。

【 0 0 3 5 】

請求項 2 8 の発明は、粉末材料に結合剤を付与して結合させることにより造形対象物に対応する三次元造形物を生成する三次元造形方法において、(a) 熱可塑性を有する粉末材料の層を形成する工程と、(b) 前記層に対して結合剤を含む材料を付与することにより、前記造形対象物を一の面で切断した切断面に対応する前記粉末材料の結合体を形成する工程と、(c) 前記工程(a)および(b)を繰り返すことにより、前記造形対象物を平行な複数の面で切断した切断面に対応する前記粉末材料の結合体を順次積層形成して三次元造形物を形成する工程と、(d) 前記三次元造形物を加熱する工程とを有する。

【 0 0 3 6 】

請求項 2 9 の発明は、請求項 2 8 に記載の三次元造形方法において、前記工程 (d) にて前記三次元造形物に向けて光が照射される。

【 0 0 3 7 】

請求項 3 0 の発明は、請求項 2 8 または請求項 2 9 に記載の三次元造形方法において、前記粉末材料が熱可塑性樹脂により形成される。

【 0 0 3 8 】

請求項 3 1 の発明は、請求項 3 0 に記載の三次元造形方法において、前記粉末材料が電子写真用トナーである。

【 0 0 3 9 】

請求項 3 2 の発明は、請求項 2 8 ないし請求項 3 1 のいずれかに記載の三次元造形方法において、前記粉末材料が無色透明または白色である。

【 0 0 4 0 】

【発明の実施の形態】

< 1. 第 1 実施形態 >

< 1.1 三次元造形装置の要部構成 >

図 1 は、本発明の第 1 実施形態に係る三次元造形装置 1 0 0 を示す概略図である。なお、図 1 では説明の便宜上定めた X Y Z 方向も矢印にて示している。

【 0 0 4 1 】

三次元造形装置 1 0 0 は、制御部 1 0、並びに、制御部 1 0 にそれぞれ電氣的に接続されたバイнда付与部 2 0、造形部 3 0、粉末供給部 4 0、粉末拡散部 5 0 および赤外線ランプ 6 0 を備えて構成される。

【 0 0 4 2 】

制御部 1 0 は、コンピュータ 1 1 と、コンピュータ 1 1 に電氣的に接続された駆動制御部 1 2 とを備えている。

【 0 0 4 3 】

コンピュータ 1 1 は、内部に C P U やメモリ等を備えて構成される一般的な卓上型コンピュータ等である。このコンピュータ 1 1 は、三次元形状の造形物の形状をモデルデータとしてデータ化し、それを平行な幾層もの薄い断面体にスライ

スして得られる断面データを駆動制御部 1 2 に対して出力する。

【 0 0 4 4 】

駆動制御部 1 2 は、バインダ付与部 2 0、造形部 3 0、粉末供給部 4 0 および粉末拡散部 5 0 をそれぞれに駆動する制御手段として機能する。駆動制御部 1 2 は、コンピュータ 1 1 から断面データを取得すると、その断面データに基づいて上記の各部に対して駆動指令を与えることにより造形部 3 0 において粉末材料の一層ごとの粉末の結合体を順次形成する動作を統括制御する。

【 0 0 4 5 】

バインダ付与部 2 0 は、液状のバインダ（通常の接着剤が用いられてもよい。）を収容するタンク部 2 1、タンク部 2 1 内のバインダを吐出させるノズルヘッド 2 2、ノズルヘッド 2 2 を水平 X Y 平面で移動させる X Y 方向移動部 2 3、および X Y 方向移動部 2 3 を駆動する駆動部 2 4 を備えている。

【 0 0 4 6 】

タンク部 2 1 は、それぞれ異なる色のバインダを収容する複数のタンク（この例では 4 つのタンク） 2 1 a ~ 2 1 d を備えている。具体的には、それぞれのタンク 2 1 a ~ 2 1 d には、Y（イエロー）、M（マゼンタ）、C（シアン）の色料の 3 原色および W（ホワイト）に着色されたバインダ（以下では、「着色バインダ」と呼ぶ）が収容されている。ここで、着色バインダは、粉末と結合しても変色しないものであり、長時間経過しても変色・退色しないものを使用するのが望ましい。

【 0 0 4 7 】

ノズルヘッド 2 2 は、X Y 方向移動部 2 3 の下部に固定されており、X Y 方向移動部 2 3 とともに一体となって X Y 平面内で移動自在となっている。また、ノズルヘッド 2 2 はタンク部 2 1 のタンク数と同数の吐出ノズル 2 2 a ~ 2 2 d を備え、各吐出ノズル 2 2 a ~ 2 2 d はタンク 2 1 a ~ 2 1 d と 4 本のチューブ 2 5 で連結している。各吐出ノズル 2 2 a ~ 2 2 d は、例えばインクジェット方式等で微小な液滴として各バインダを吐出（噴出）するノズルである。各吐出ノズル 2 2 a ~ 2 2 d によるバインダの吐出は、駆動制御部 1 2 によって個別に制御されており、各吐出ノズル 2 2 a ~ 2 2 d から吐出されるバインダはノズルヘッ

ド 2 2 に対向する位置に設けられている造形部 3 0 の粉末層に付着する。

【 0 0 4 8 】

X Y 方向移動部 2 3 は、移動部本体 2 3 a およびガイドレール 2 3 b を備えている。移動部本体 2 3 a は、ガイドレール 2 3 b に沿って X 方向への往復移動が可能であるとともに、Y 方向への往復移動が可能となっている。よって、ノズルヘッド 2 2 は、X Y 方向移動部 2 3 により X 軸および Y 軸によって規定される平面内で移動できることとなる。すなわち、駆動制御部 1 2 からの駆動指令に基づいてノズルヘッド 2 2 を、その平面における駆動範囲内で任意の位置に移動させることができる。

【 0 0 4 9 】

造形部 3 0 は、中央に凹状部を有する造形部本体 3 1、造形部本体 3 1 の凹状部の内部に設けられている造形ステージ 3 2、造形ステージ 3 2 を Z 方向に移動させる Z 方向移動部 3 3、および、Z 方向移動部 3 3 を駆動する駆動部 3 4 を備えている。

【 0 0 5 0 】

造形部本体 3 1 は、三次元造形物を生成するための作業領域を提供する役目を果たしている。また、造形部本体 3 1 は、その上部に、粉末供給部 4 0 から供給される粉末を一時的に保持する粉末仮置部 3 1 b を有している。

【 0 0 5 1 】

造形ステージ 3 2 は、X Y 断面において矩形型の形状を有し、その側面が造形部本体 3 1 における凹状部の垂直内壁 3 1 a と接している。そして、この造形ステージ 3 2 と造形部本体 3 1 の垂直内壁 3 1 a とで形成される直方体状の三次元空間 W K が、三次元造形物を生成するための基盤空間として機能する。すなわち、各吐出ノズル 2 2 a ~ 2 2 d から吐出されたバインダにより、造形ステージ 3 2 上にて粉末を接合させて造形物が作成されることとなる。

【 0 0 5 2 】

Z 方向移動部 3 3 は、造形ステージ 3 2 と連結する支持棒 3 3 a を有している。そして、支持棒 3 3 a が、駆動部 3 4 によって垂直方向に移動されることにより、支持棒 3 3 a と連結する造形ステージ 3 2 の Z 方向の移動が可能となる。

【 0 0 5 3 】

粉末供給部 4 0 は、タンク部 4 1 とタンク部 4 1 の出口に設けられている締切板 4 2 と、駆動制御部 1 2 の指令により締切板 4 2 をスライドさせる駆動部 4 3 とを備えている。

【 0 0 5 4 】

タンク部 4 1 は、白色の粉末が収容されている。この粉末は、三次元造形物の形成における材料となるもので、例えば、（セルロースー）デンプン粉末、石膏粉末、樹脂粉末などが使用される。

【 0 0 5 5 】

締切板 4 2 は、水平方向（X 方向）にスライドできるようになっており、造形部 3 0 の粉末仮置部 3 1 b に対して、タンク部 4 1 に収容される粉末の供給および停止を行う。

【 0 0 5 6 】

粉末拡散部 5 0 は、ブレード 5 1、ブレード 5 1 の動作を規制するガイドレール 5 2、および、ブレード 5 1 を移動させる駆動部 5 3 を備えている。

【 0 0 5 7 】

ブレード 5 1 は、Y 方向に長く、下部先端が尖った刃状の形状を有している。ブレード 5 1 の Y 方向の長さは、三次元空間 W K における Y 方向の幅をカバーできる長さとなっている。なお、ブレード 5 1 による粉末の拡散が円滑に行えるように、ブレードに微小振動を与えるバイブレーション機構を付加しても良い。

【 0 0 5 8 】

駆動部 5 3 は、ブレード 5 1 を垂直方向（Z 方向）に昇降移動させる垂直駆動部 5 3 a、およびブレード 5 1 を水平方向（X 方向）に往復移動させる水平駆動部 5 3 b を有している。そして、駆動制御部 1 2 からの指令に基づいて垂直駆動部 5 3 a および水平駆動部 5 3 b が駆動されることにより、ブレード 5 1 の X 方向および Z 方向の移動が可能となる。

【 0 0 5 9 】

赤外線ランプ 6 0 は、バインダに含まれる水分もしくは溶剤を蒸発させてバインダが付与された粉末の結合を促進するためのものである。駆動制御部 1 2 の指

令により、赤外線ランプ 6 0 の点消灯が行なわれる。また、熱硬化性バインダを使用するように構成した場合には、この赤外線ランプ 6 0 は、バインダを硬化させる手段として機能する。

【 0 0 6 0 】

< 1.2 三次元造形装置の動作 >

図 2 は、三次元造形装置 1 0 0 の動作の概要を説明するフローチャートである。以下、同図を参照して、その基本動作を説明する。

【 0 0 6 1 】

ステップ S 1 では、コンピュータ 1 1 が、表面にカラー模様等が施された三次元造形対象物を表現したモデルデータを作成する。造形するための基になるモデルデータには、一般の三次元 C A D モデリングソフトウェアで作成されるカラー三次元モデルデータを使用することができる。また、三次元形状入力装置で計測された 3 次元形状のデータおよびテクスチャを利用することも可能である。

【 0 0 6 2 】

モデルデータにおいては、色情報が三次元モデルの表面にのみ付与されているもの、または色情報がモデル内部まで付与されているものがある。後者の場合でも造形に際してモデル表面の色情報のみを使用することが可能であるし、モデル内部の色情報も使用することが可能である。例えば、人体モデル等の三次元造形物を生成する際、各内臓ごとに異なる色で彩色を施したい場合もあり、その場合にはモデル内部の色情報を使用する。

【 0 0 6 3 】

ステップ S 2 では、上記のモデルデータから造形対象物を水平方向にスライスした各断面ごとの断面データを生成する。モデルデータから積層する粉末の一層分の厚みに相当するピッチでスライスされた断面体を切り出し、断面の存在する領域を示す形状データおよび彩色のデータを断面データとして作成する。なお、スライスするピッチは、所定範囲内（粉末を結合可能な厚みの範囲）で変更可能にしてもよい。

【 0 0 6 4 】

図 3 は、ステップ S 2 で断面データの一例の生成の様子を示す図である。図 3

(a) および (b) に示すように、モデルデータから色情報を含めて断面体を切り出し、格子状に細分化する。それを、2次元画像のビットマップと同様に扱い、図3(c)に示すように各色毎のビットマップ情報に変換する。このビットマップ情報は階調などを考慮した情報となっている。図3(c)において、形状データは断面の存在する領域を示すデータであり、Yデータ、Cデータ、MデータおよびWデータが彩色データに相当する。

【0065】

なお、本実施形態では、粉末の色が白色なので、白部分には彩色は不要である。しかし、造形のためにはバインダが必要であり、この部分には白色のバインダを塗布することとし、Wデータを付与した。また、3次元モデル内部に色情報がない場合、その内部に対応する部分にもWデータを付与するようにした。したがって、YCMWのデータのORをとると、断面の形状全面が埋まるようになっている。

【0066】

図4(a)ないし(c)は、図3と同様にステップS2における断面データの一例の生成の様子を示す図である。なお、図4(c)では彩色データの図示を省略しており、形状データは断面が存在する領域のみを図示している。図4(c)では、モデルデータにおいて、三次元造形に寄与しない部分、つまり外形に現れない内部領域に該当する部分を、造形不要部分として形状データから削除している。これにより、造形不要部分ではバインダにより粉末を結合する動作が行われず、バインダが節約できる。

【0067】

ステップS3では、造形対象物を造形する際における粉末の積層厚さ(断面データ作成の際のスライスピッチ)及び積層数(断面データセットの数)に関する情報が、コンピュータ11から駆動制御部12に入力される。

【0068】

次のステップS4以降については、駆動制御部12が各部を制御することによって行われる動作である。図5は、これらの動作を説明する概念図である。以下では、同図を参照しながら説明する。

【 0 0 6 9 】

ステップ S 4 では、造形ステージ 3 2 において粉末の第 N 層目 ($N=1, 2, \dots$) の結合体を形成するために、造形ステージ 3 2 が Z 方向移動部 3 3 により図 5 (a) に示す矢印 D N の方向に、所定距離だけ下降されて保持される。下降する距離は、コンピュータ 1 1 から入力された上記積層厚さに相当する距離である。これにより、造形ステージ 3 2 上に堆積されて必要な結合が完了した粉末層の上方に、新たな粉末の層を 1 層分形成するためのスペース S P が形成される。ただし、 $N=1$ の場合は、最初の層の形成に相当するため、造形ステージ 3 2 の上面自身の上にスペース S P が形成されるようにする。

【 0 0 7 0 】

ステップ S 5 では、三次元造形物の造形において材料となる粉末の供給を行う。ここでは、図 5 (a) のように、粉末供給部 4 0 の締切板 4 2 が閉止位置からスライドしてタンク部 4 1 内の粉末を所定量だけ造形部本体 3 1 の粉末仮置部 3 1 b に落下させる。この所定量とは、上記のスペース S P の体積 (造形における粉末の必要量) より若干多めに設定されている。所定量の粉末の供給完了後、締切板 4 2 が閉止位置に戻り粉末供給を停止する。

【 0 0 7 1 】

ステップ S 6 では、ステップ S 5 で供給された粉末の薄層を形成する。ここでは、図 5 (a) および (b) に示すように、粉末仮置部 3 1 b 上に堆積された粉末をブレード 5 1 が X 方向に移動することで造形ステージ 3 2 上のスペース S P に粉末が入り込み、薄い均一な粉末層が形成される。この際には、ブレード 5 1 の下部先端を造形部本体 3 1 の最上面 3 1 c に沿って移動させる。これにより、所定の厚さの粉末の薄層が正確に形成できる。なお、余った粉末は回収して、再度利用可能である。そして、粉末層が形成された後、ブレード 5 1 は、垂直駆動部 5 3 a (図 1 参照) によって最上面 3 1 c から離され、水平駆動部 5 3 b によって粉末層の上方を通過して初期位置に復帰する。

【 0 0 7 2 】

ステップ S 7 では、ステップ S 2 で作成された形状データおよび彩色データに従って X Y 方向移動部 2 3 を駆動することにより、図 5 (c) に示すように、ノ

ズルヘッド 2 2 を X Y 平面内に移動させる。その際、形状データの存在する領域のみを走査することにより時間が短縮される。そして、移動中に彩色データに基づいて各吐出ノズル 2 2 a ~ 2 2 d から着色バインダの吐出を適宜に行わせる。これにより、粉末の結合体 8 1 が生成される。なお、バインダが塗布されない粉末 8 2 は個々に独立した状態を保つこととなる。

【 0 0 7 3 】

ここでは、三次元造形物の表面部分に相当する部分について、バインダの吐出を行う際に、造形対象物から導かれた彩色データに基づいて Y、M、C および W の着色バインダを選択的に吐出するように制御が行われる。これにより、三次元造形物の造形過程におけるカラー造形が行える。一方、三次元造形物において彩色を施す必要のない部分（彩色不要領域）では、彩色された部分の着色状態を妨げることもない W の着色バインダを吐出することにより、造形を行う。

【 0 0 7 4 】

また、粉末層に付着したバインダの拡がりを均一化して造形物の強度を確保するため、造形部分に対して単位面積当たり同量のバインダを均一に付与することが好ましい。例えば、X Y 方向移動部 2 3 による各吐出ノズル 2 2 a ~ 2 2 d の移動速度に、単位時間当たりに各吐出ノズル 2 2 a ~ 2 2 d から吐出されるバインダの量（例えば、バインダ液滴の数）を乗じたものを一定にすれば、単位面積当たり同量のバインダが均一に付与できることとなる。

【 0 0 7 5 】

バインダの吐出完了後、バインダ吐出動作を停止し、X Y 方向移動部 2 3 を駆動することにより、ノズルヘッド 2 2 は初期位置に復帰する。

【 0 0 7 6 】

ステップ S 8 では、バインダが付着した粉末を乾燥させて接合させる。ここでは、薄く引き延ばされた粉末の層の上方から、赤外線ランプ 6 0 の照射を行う。これにより、粉末に付着したバインダの迅速な乾燥が行える。なお、自然乾燥により迅速に硬化する種類のバインダでは、特に赤外線ランプなどでの照射は不要となる。乾燥が完了すると、三次元造形物の一層分の断面体の造形が完了することとなる。

【 0 0 7 7 】

そして、一層分の造形が終了するとステップ S 9 に進んで、駆動制御部 1 2 が、ステップ 3 で入力された積層数に基づき、その積層数分の処理が完了したかどうかを判断し（つまり、三次元造形物の造形が完了したかどうかを判断し）、「NO」と判断された場合はステップ S 4 からの処理を繰り返し、「YES」と判断された場合は造形動作は終了する。そして、三次元造形物の造形が完了すると、バインダが付与されていない粉末を分離して、バインダにより結合された粉末の結合体（三次元造形物）を取り出す。なお、結合されなかった粉末は回収して、再度材料として利用しても良い。

【 0 0 7 8 】

ステップ S 4 に戻った場合には、第 N 層目の上側に第 N + 1 層目の新たな粉末の結合体を形成する動作が行われる。このような動作を積層数だけ繰り返すことにより、ステージ 3 2 上に一層ごとのカラー化された結合体が順次積層されていき最終的に造形対象物の三次元造形物が造形ステージ 3 2 上に造形されるのである。

【 0 0 7 9 】

このようにして得られる三次元造形物 9 1 を図 6 に示す。図 6 (a) は三次元造形物 9 1 の断面を示したものであり、図 6 (b) は図 6 (a) における A 部分を拡大表示したものである。図 6 (b) において、三次元造形物 9 1 の表面側付近の領域 9 1 a には斜線領域で示すように Y、M、C および W のバインダによって単色または複数色の彩色が施されるとともに、内部側の領域 9 1 b は W の着色バインダによって造形が行われている。つまり、図 6 (b) における彩色領域は、吐出ノズル 2 2 a ~ 2 2 d から各着色バインダが彩色データに応じて選択的に吐出されて形成されたものであり、彩色不要な領域である内部領域は、単なる粉末の接合を目的として吐出ノズル 2 2 d から白色のバインダが吐出されて形成されたものである。

【 0 0 8 0 】

このような彩色の機構を使用することによって多様な彩色が可能になる。たとえば、図 6 (a) における彩色領域のうち、

- ・領域 9 1 1 においてはイエロー Y とホワイト W との所定のドット配列によって薄いイエローの彩色がなされ、
 - ・領域 9 1 2 においてはシアン C とイエロー Y とのドット配列によってグリーンの彩色がなされ、
 - ・領域 9 1 3 においてはマゼンタ M の区域とホワイト W の区域とが帯状に交互に配列することによって縞模様の着色がなされ、
- というようなことができる。

【 0 0 8 1 】

また、ある 3 次元造形物自身では 1 色（たとえばイエロー）のみで着色する場合でも、他の 3 次元造形物では異なる色での着色が可能である。

【 0 0 8 2 】

すなわち、この発明において多様な彩色が可能になるという意味は、ひとつの三次元造形物についての彩色の自由度が高まるということと、種々の三次元造形物ごとに彩色を変更できるということとの双方の意味を含んでいる。

【 0 0 8 3 】

したがって、この実施形態における三次元造形装置 1 0 0 のような構成とし、彩色情報に応じて複数色のバインダを選択的に付与することにより、三次元造形物の造形過程において多様な彩色を施すことができ、人手に頼ることなく短時間かつ低コストでカラー造形を行うことができるのである。

【 0 0 8 4 】

図 6（b）において、彩色が施される領域が三次元造形物 9 1 の表面だけでなく、若干内部側領域まで及んでいる。一般に、彩色が必要な領域は、通常造形物の表面のみであるため、着色バインダで彩色を施すのは造形物の表面に現れる部分のみでよい。しかし、オーバーハング部やアンダーハング部を有する造形物では、隣接する上層と下層との断面体の最外周よりも内部まで彩色を行わなければ、彩色されていない部分が造形物の表面に現れてしまう。

【 0 0 8 5 】

また、厳密に表面だけを彩色することはノズルヘッド 2 2 の移動量と各バインダの吐出タイミングとに対する高精度な制御が必要であるため、断面データにお

いて彩色情報を所定幅だけ内部側にオフセットを確保するのが望ましい。さらに、図 6 (b) のように彩色領域を所定量分だけ内部側に形成することにより、その後三次元造形物 9 1 の表面に傷等が生じた場合であっても内部用バインダの白色が露呈することを防止することができる。

【 0 0 8 6 】

造形物の内部領域の粉末の接合に用いるバインダは、白色が必須ではなく、着色されていないナチュラル（無色透明、乳白色）なバインダを使用してもよい。また、特定の色のバインダを内部接合用として他の色のバインダより多くタンク部 2 1 に蓄えておく仕様にすることが望ましい。なお、造形物の内部領域であっても内部構造を分類するように色分けすることもできる。これは、造形後に造形物を切断し、カットモデルとして断面構造を見せる場合などでは、造形物の内部領域まですべて彩色を施しておくことも有効である。

【 0 0 8 7 】

この実施形態における三次元造形装置 1 0 0 において、コンピュータ 1 1 に CAD / CAM / CAE のシステムを導入すれば、造形の際のスピードアップ化とデザインの質的向上をおしすすめることも可能である。

【 0 0 8 8 】

< 1.3 彩色の具体的態様 >

次に、この実施形態における造形過程での彩色について説明する。

【 0 0 8 9 】

この実施形態では、三次元造形物の材料となる粉末を結合させるものとしてバインダを使用するとともに、その彩色領域に Y、M、C、W の 4 色の着色バインダを吐出することによって三次元造形物の造形過程での彩色を行っている。この彩色については、微視的には、粉末粒子よりも小さい着色バインダの粒子が、粉末粒子の周りに付着するとともに、粉末粒子の間に充填されることにより行われる。

【 0 0 9 0 】

吐出ノズル 2 2 a ~ 2 2 d のうち、吐出ノズル 2 2 a ~ 2 2 c のそれぞれからは原色混合によって異なる色成分を表現することができる Y、M、C の各色成分

の着色バインダが吐出される一方、吐出ノズル 2 2 d からはホワイトの着色バインダが吐出される。このような各吐出ノズル 2 2 a ~ 2 2 d から吐出される微小なバインダの液滴のドット配列の集合によって、その三次元造形物に面積階調として混色あるいは色の階調を表現することができる。

【 0 0 9 1 】

一般に、彩色を行うためには Y、M、C の三原色を混色すればよいが、色の濃淡（階調）を表現するためには、三原色に加えて白色のバインダを吐出し混色することが有効となる。一般のプリンタ等では白色の紙にインク、トナー等で字、画像をプリントしていくため、基材となる紙の白色を利用すれば白色インクは必要でなく、Y、M、C の三色を使用するだけで原理的に各色成分の濃淡を表現することができる。しかしながら、三次元造形材料となる粉末の色が白色でないような場合には、白色のバインダを使用することが特に有効となるのである。

【 0 0 9 2 】

つまり、Y、M、C の各色成分を混合することによって暗い色を表現することができるが、白色は表現することができないため、粉末の結合用として白色等淡い色のバインダを準備し、この白色のバインダを表面彩色の際にも使用すれば、三次元造形物 9 1 に対して適切な彩色を施すことが可能となる。

【 0 0 9 3 】

このようにして三次元造形物 9 1 に彩色を施す際の濃淡を表示する場合の着色バインダの吐出形態の一例について説明する。

【 0 0 9 4 】

図 7 は、シアンについての階調表現の一例を示す図である。駆動制御部 1 2 において所定の階調変換が行われると、断面データに含まれる多値の階調データは基本ドット領域（図 7 の最小矩形）ごとの 2 値データに変換される。基本ドット領域とは 4 種類の着色バインダのうち選択されたものが付与される最小単位であり、2 値データは各吐出ノズル 2 2 a ~ 2 2 d を ON / OFF 制御するための情報となる。

【 0 0 9 5 】

図 7 は、基本ドット領域の 2 × 2 のマトリクス配列による基本集合領域を示し

ており、彩色のための基本ドット領域への各色成分のバインダの吐出パターンを変化させることにより、階調表現や混合色表現を行うことが可能となる。淡いシアンを表示する場合には、 2×2 のマトリクス配列のうち1つの基本ドット領域にシアンを吐出し、他の基本ドット領域にはホワイトを吐出する。また、濃いシアンを表示する場合には基本集合領域の全体にシアンを吐出する。このように基本集合領域に対するシアンのバインダとホワイトのバインダとの吐出割合を変化させることにより、淡いシアンから濃いシアンへの階調変化を適切に表現することが可能になる。

【 0 0 9 6 】

なお、図7の例では説明の都合上、階調変換によって生じる彩色のための基本集合領域を4個の基本ドット領域で構成しているが、これに限定するものではない。例えば、断面データにおいて256階調を有している場合であって、その階調を低下させずにON/OFF制御のための2値データに変換する場合、基本集合領域を256個の基本ドット領域の集合で構成する。

【 0 0 9 7 】

次に、図8は淡いシアンから淡いイエローへ変化する表現の一例を示す図である。図8の左端は淡いシアンを表現する際のCとWとの吐出パターンであり、右端は淡いイエローを表現する際のYとWとの吐出パターンである。淡いシアンからシアンとイエローとの混合色を経て淡いイエローへと変化させる際には図8に示すように基本集合領域内へのCとYとWとを吐出する割合をしだいに変化させていくことによって、そのような色の変化を表現することが可能になる。

【 0 0 9 8 】

なお、このような場合でも既述したように、造形物の強度を確保するため、C、Y、Wの各着色バインダは、単位面積当たり同量にすることが好ましい。

【 0 0 9 9 】

また、図9には上記の彩色のための基本集合領域が複数個集合したものを示している。図9(a)はCとWとの吐出パターンを示しており、図9(b)は図9(a)の吐出パターンによって表現される彩色形態を具体的に示している。図9に示すように駆動制御部12が吐出パターンを制御することによって三次元造形

物 9 1 の造形過程における彩色を行うことが可能になる。

【 0 1 0 0 】

このように、この実施形態では、三次元造形物 9 1 の着色部分を造形する際に接合用および着色用として Y、M、C、W の着色バインダを使用し、内部側を造形する際には内部接合用として白色のバインダを使用することにより、造形過程において造形対象物に対応した彩色を施していくことができる。

【 0 1 0 1 】

なお、吐出ノズル 2 2 a ~ 2 2 c から吐出される着色されたバインダはそれぞれ他の色成分（例えば、R（赤）、G（緑）、B（青）等）に着色されていてもよいが、Y、M、C の三原色に着色されたバインダを使用してこれらを混合することにより、三次元造形物 9 1 の中間色等の全ての色成分の彩色ができるという効果がある。

【 0 1 0 2 】

また、粉末の接合用としてのみ機能する吐出ノズル 2 2 d から吐出されるバインダは白色に限定されるものではなく、クリーム色等のバインダであってもよい。ただし、生成される三次元造形物 9 1 において造形対象物の白色や階調を鮮明に再現するためには、接合用として白色のバインダを使用することが望ましい。

【 0 1 0 3 】

さらに、三次元造形物 9 1 の表面側に黒色を再現する場合には、Y、M、C の三原色を吐出することで黒色を表現することができるが、鮮明な黒色を再現するために別途黒色に着色されたバインダを吐出するための吐出ノズルを設けてもよい。

【 0 1 0 4 】

また、2 色以上のバインダが吐出ノズルから同時に吐出されてもよく、色毎のバインダが時間的に前後して吐出されてもよい。

【 0 1 0 5 】

三次元造形物の材料となる粉末については、本実施形態では白色粉末を用いている。プリンタの場合、白い紙の上に印刷するため、色を付ける部分にのみ有色インクを塗布し、下地の白色とのバランスで色の階調表現が行われる。これと同

様に本実施形態の場合、下地となる粉末を白色とすることで発色をよくすることができる。

【0106】

粉末材料が無色透明ではなく地色を有している場合、粉末材料の地色と同じ色にしたい領域には無色透明のバインダを付与すれば済む。また、粉末材料の地色に相当する色を薄めて着色したいときには、無色透明のバインダと白のバインダとを所定の割合でドット配列すればよい。このため、複数のバインダの中に無色透明のバインダが含まれているときには、地色と同じ色のバインダを準備するよりは、それ以外の色に着色されたバインダを準備した方が、その分だけ色表現の幅が広がって好ましい。

【0107】

<1.4 白色粉末材料の具体例>

次に、粉末が白色の場合の粉末材料の具体例について説明する。既述のように、白色粉末としてはデンプン粉や石膏粉末などを利用することが可能であるが、彩色された三次元造形物の色再現をより適切に実現するためには白色顔料を利用して白色粉末を製造することが好ましい。すなわち、白色顔料を利用した白色粉末に対してY M C K（黒）などの着色を行うことにより、三次元造形物の色をより鮮やかにするとともに適切な多階調表現が実現される。白色の粉末が用いられる場合、三次元造形物の白色の部分には無色透明のバインダが付与される。

【0108】

白色顔料を利用した粉末としては、白色顔料自体から粉末を形成したもの、デンプン粉や石膏粉末と白色顔料とを混合したもの、ポリエチレンなどの樹脂粉末に白色顔料を含有させたものなどが利用可能である。

【0109】

デンプン粉や石膏粉末などの主たる造形材料粉末（主要な造形粒子）と白色顔料の粉末とを混合する場合、白色顔料の粉末の粒子径を造形材料粉末の粒子径よりも小さくすることが好ましい。これにより、両者を混合すると造形材料粉末の表面を白色顔料の微粒子が覆う状態となり、粉末材料の白色の発色性が向上される。その結果、三次元造形物の色再現性および階調再現性が向上される。

【0110】

また、樹脂粉末に白色顔料を含有させる場合には、樹脂粉末を製造する過程において加熱溶融した樹脂に白色顔料を分散させることにより混入させ（白色顔料が練り込まれてもよい）、樹脂を白色にしてから粉末化することにより適切な白色粉末材料が得られる。一方、熱可塑性の樹脂粉末が主たる造形材料粉末として利用される場合には、樹脂粉末を加熱して軟化させた状態で白色顔料を粉末粒子の周囲に吸着させることで樹脂粉末の表面のみを適切に白色化することもできる。

【0111】

白色顔料の具体例としては、塩基性炭酸鉛（ $2\text{PbCO}_3\text{Pb(OH)}_2$ 、いわゆる、シルバーホワイト）、酸化亜鉛（ ZnO 、いわゆる、ジンクホワイト）、酸化チタン（ TiO_2 、いわゆる、チタンホワイト）、チタン酸ストロンチウム（ SrTiO_3 、いわゆる、チタンストロンチウムホワイト）などが利用可能である。

【0112】

ここで、酸化チタンは他の白色顔料と比べて比重が小さく、屈折率が大きく、科学的、物理的にも安定であるため、顔料としての隠蔽力や着色力が大きく、さらに、酸やアルカリ、その他の環境に対する耐久性にも優れている。したがって、白色顔料としては酸化チタンが利用されることが好ましい。もちろん、粉末材料やバインダ成分の種類に応じて他の白色顔料（列挙した白色顔料以外であってもよい。）が利用されてもよい。

【0113】

<1.5 粉末材料の他の例>

以上に説明した粉末材料のさらに他の例として、生分解性樹脂粉末が利用されてもよい。生分解性樹脂粉末を利用することにより、作成した三次元造形物が不要となった後、三次元造形物を土中に埋めることで自然界の微生物によって水や二酸化炭素などに分解させることができる。その結果、廃棄物の処理を適切に行うことが実現される。

【0114】

生分解性樹脂は、一般に、「天然物利用系」、「微生物産生系」、「化学合成

系」に分類される。

【0115】

天然物利用系としては、セルロースやデンプンなどの天然高分子をプラスチックと混合したもの、天然高分子を化学修飾したものがある。例えば、日本コーンスターチ株式会社の「エバコーン」、伊国ノバモント社の「マタビー」などが挙げられる。

【0116】

微生物産生系の生分解性樹脂は、微生物が細胞内に脂肪族ポリエステルを蓄える性質を利用して作られるものであり、米国モンサント社の「バイオポール」、三菱ガス化学株式会社の「バイオグリーン」などが挙げられる。

【0117】

化学合成系としては、ポリカプロラクトン、ポリ乳酸、ポリビニルアルコールなどがあり、重合反応や発酵法などで製造される。例えば、三井化学株式会社の「レイシア」、ダイセル化学工業株式会社の「セルグリーン」、米国カーギル社の「エコプレイ」などが挙げられる。

【0118】

なお、生分解性プラスチックを利用する場合、主たる原料がデンプン、セルロースなどの天然の素材であることから、酢酸ビニル系、ユリア系、アクリル系、ウレタン系などの各種接着剤とも相性がよく、三次元造形物の固着強度の向上を図ることも実現される。

【0119】

<2. 第2実施形態>

<2.1 三次元造形装置の要部構成>

第2実施形態の三次元造形装置の構成は、第1実施形態の三次元造形装置100と類似しているが、各タンクには着色バインダの残量を検出する検出器が設けられている。

【0120】

図10は、第2実施形態に係る三次元造形装置100Aを示す概略図である。第2実施形態の三次元造形装置100Aでは、タンク部21Aの検出器からの信

号を駆動制御部 1 2 に送信するためのケーブル 2 6 が設けられる。

【0 1 2 1】

図 1 1 は、タンク部 2 1 A の一部断面を示す図である。タンク部 2 1 A の下部には、各タンク 2 1 A a ~ 2 1 A d に対応した検出器 2 5 a ~ 2 5 d が設けられている。検出器 2 5 a ~ 2 5 d では、各タンク 2 1 A a ~ 2 1 A d のバインダの残量を検出する。検出器 2 5 a ~ 2 5 d は、各タンク 2 1 A a ~ 2 1 A d に収容されているバインダのヘッド圧（バインダの量に対応してタンク下部生じる圧力）を検出して、残量を算出する。なお、検出器としては、各タンク 2 1 A a ~ 2 1 A d の内に垂直方向に 1 または複数のレベルスイッチを設けても良い。この場合、上記のヘッド圧を検出する方式と比べ、バインダの残量は連続的に検出できないが、その構成を比較的簡素にすることができる。

【0 1 2 2】

<2.2 三次元造形装置の動作>

図 1 2 は、三次元造形装置 1 0 0 A の動作の概要を説明するフローチャートである。このフローチャートは、図 2 に示すフローチャートと類似しているが、上記のバインダの残量検出・制御に係る動作が、主に追加されている。以下では、図 2 に示すフローチャートと相違する動作を説明する。なお、ステップ S 1 1 ~ S 1 3, S 1 6 ~ S 1 8, S 2 0, S 2 2 はそれぞれ図 2 のステップ S 1 ~ S 3, S 4 ~ S 6, S 8, S 9 に対応している。

【0 1 2 3】

ステップ S 1 2 では、図 2 のステップ S 2 と同様にモデルデータから造形対象物をスライスした各断面ごとの断面データを生成するが、三次元造形物において表面に現れ、彩色が必要な彩色領域と、造形物の内側に対応する彩色不要領域とにデータを分解する。

【0 1 2 4】

ステップ S 1 4 では、三次元造形物の彩色不要領域に対して、粉末を接合する目的のみの接合用バインダを、4 つの着色バインダの中から選定する。この場合、デフォルトとして特定の色、例えば白色のバインダが選定されるようにしてもよい。

【 0 1 2 5 】

また、各タンク 2 1 A a ~ 2 1 A d 内の各バインダの残量検出のインターバルとなる粉末層の層数 n の設定を行う。粉末層の 1 層分の厚さは薄いため、粉末層 1 層分では各着色バインダの消費量の明らかな差は生じない。そこで、 n 層分のバインダの消費累積値から各バインダ残量の差異を明確にして検出が容易とされる。

【 0 1 2 6 】

ステップ S 1 5 では、造形ステージ 3 2 上に順次形成される粉末層の堆積層数 i をカウントするため、初期値として 0 を設定する。

【 0 1 2 7 】

ステップ S 1 9 a、S 1 9 b では、図 2 のステップ S 7 に対応するものであるが、ここでは、ステップ S 1 2 で作成した断面データにおける彩色領域と彩色不要領域とでバインダを使い分ける。つまり、彩色領域に対して各着色バインダを粉末層に吐出する一方、彩色不要領域に対して選定された接合用バインダのみを吐出する。

【 0 1 2 8 】

ステップ S 2 1 では、ステップ S 2 0 でバインダを乾燥することにより、粉末の結合体が 1 層分形成されるので、1 を堆積層数 i に加える。

【 0 1 2 9 】

そして、ステップ S 2 2 において三次元造形物の造形が完了していなければ、ステップ S 2 3 に進む。

【 0 1 3 0 】

ステップ S 2 3 では、堆積層数 i を n で割った剰余が 0 であるか、つまり堆積層数が n の倍数であるかを駆動制御部 1 2 が判断する。そして、剰余が 0 である場合にはステップ S 2 4 に進み、剰余が 0 でない場合にはステップ S 1 6 に戻る。

【 0 1 3 1 】

ステップ S 2 4 では、検出器 2 5 a ~ 2 5 d により、各タンク 2 1 A a ~ 2 1 A d 内のバインダの残量を検出する。そして、最も多い残量となる、すなわち使

用頻度が少ないバインダを接合用のバインダとして選定する。例えば、図 1 1 に示す場合では、タンク 2 1 A b が最も多い残量のバインダを収容しているため、このバインダが接合用バインダとして設定される。

【0 1 3 2】

なお、検出器 2 5 a ~ 2 5 d により、各バインダの残量が少なくなった場合にアラームを発信して、オペレータにバインダの補充を促すことも可能である。

【0 1 3 3】

以上のような動作によって、使用頻度の少ない色のバインダを優先的に彩色に関係のない内部領域の接合用として用いることができ、着色バインダ間の消費量を均一化できる。これにより、各着色バインダの効率的な活用が可能となるとともに、各タンク 2 1 A a ~ 2 1 A d へのバインダの補充の時間間隔を延ばすことができる。

【0 1 3 4】

また、各タンク 2 1 A a ~ 2 1 A d に 1 つのレベルスイッチのみを設けている場合には、所定の基準レベル以上の残量があるバインダの中から所定の優先順位（たとえば W Y M C の順）で優先度が高いバインダを接合用バインダとして使用することもできる。

【0 1 3 5】

いずれの場合も、比較的残量が多いバインダを接合用バインダとして使用することになる。

【0 1 3 6】

< 3. 第 3 実施形態 >

< 3.1 三次元造形装置の要部構成 >

第 3 実施形態の三次元造形装置の構成は、第 1 実施形態の三次元造形装置 1 0 0 と類似しているが、2 個のブレードが設けられていることが主に異なっている。

【0 1 3 7】

図 1 3 は、第 3 実施形態に係る三次元造形装置 1 0 0 B を示す概略図である。2 個のブレード 5 1 B a、5 1 B b は、X Y 方向移動部 2 3 B の両側に設けられ

ている。左側ブレード 5 1 B a と右側ブレード 5 1 B b とは、Y Z 平面に対して鏡面对称の形状となっている。

【0 1 3 8】

X Y 方向移動部 2 3 B を駆動する駆動部 2 4 B は、上記の 2 個のブレードをそれぞれ独立して上下方向（Z 方向）に駆動する役目も担っている。そして、駆動制御部 1 2 の指令に基づき、ノズルヘッド 2 2 の X Y 平面移動およびブレード 5 1 B a、5 1 B b それぞれの上下方向の昇降移動が可能となる。ここで、X Y 方向移動部 2 3 B の移動に関して、紙面右方向（X の増加方向）を順方向、紙面左方向（X の減少方向）を逆方向と呼ぶこととする。

【0 1 3 9】

また、三次元造形装置 1 0 0 B は、2 つの粉末供給部 4 0 B a、4 0 B b を備えている。これに伴い、粉末供給部 4 0 B a、4 0 B b からの粉末を堆積させるための粉末仮置部 3 1 B a および 3 1 B b が確保できるように、造形部本体 3 1 B の上部作業領域が、第 1 実施形態の三次元造形装置 1 0 0 に比べて広がっている。

【0 1 4 0】

<3.2 三次元造形装置の動作>

図 1 4 は、三次元造形装置 1 0 0 B の動作の概要を説明するフローチャートである。このフローチャートは、図 2 に示すフローチャートと類似しているが、上記の 2 種類のブレード 5 1 B a、5 1 B b に係る動作が主に追加されている。以下では、図 2 に示すフローチャートと相違する動作を説明する。なお、ステップ S 3 1 ～ S 3 4、S 3 8、S 3 9 はそれぞれ図 2 のステップ S 1 ～ S 4、S 8、S 9 に対応している。

【0 1 4 1】

ステップ S 3 5 では、これから堆積される層が奇数番目の層であるか否かを判断する（すなわち、粉末が堆積される層数が奇数であるかを判断する）。ここで、奇数である場合にはステップ S 3 6 a に進み、偶数である場合にはステップ S 3 6 b に進む。以降のステップにおける三次元造形装置 1 0 0 B の動作の概要を図 1 5 を参照しながら説明する。

【 0 1 4 2 】

ステップ S 3 6 a では、図 1 5 (a) のように、順方向の起点側、つまり左側の粉末供給部 4 0 B a から粉末を供給して粉末材料の左側の山 M a を形成する。

【 0 1 4 3 】

ステップ S 3 7 a では、順方向に粉末の薄層を形成させながら、ノズルヘッドにより着色バインダの吐出を行う。ここでは、まず、X Y 移動部 2 3 B a を順方向の起点に移動させ、右側ブレード 5 1 B b の下部先端を下降させて粉末仮置部 3 1 B a の最上面 3 1 B c に接地させる。そして、図 1 5 (b) のように、順方向に X Y 移動部 2 3 B a を移動させて、右側ブレード 5 1 B b による粉末の山 M a の拡散を行い、それによって粉末の層の形成を行うとともに、ブレード 5 1 B a に移動方向の後方に位置するノズルヘッド 2 2 からバインダの吐出を行う。これらの動作の際には、左側ブレード 5 1 B a は上昇し待避しており、それによって、左側ブレード 5 1 B a がバインダ付与後の粉末層の表面を乱すことを防止する。

【 0 1 4 4 】

一方、ステップ S 3 6 b では、図 1 5 (c) のように、逆方向の起点側、つまり右側の粉末供給部 4 0 B b から粉末を供給して粉末材料の右側の山 M b を形成する。

【 0 1 4 5 】

ステップ S 3 7 b では、逆方向に粉末の薄層を形成させながら、ノズルヘッドにより着色バインダの吐出を行う。ここでは、まず、X Y 移動部 2 3 B a を逆方向の起点に移動させ、左側ブレード 5 1 B a の下部先端を下降させて粉末仮置部 3 1 B b の最上面 3 1 B c に接地させる。そして、図 1 5 (d) のように、逆方向に X Y 移動部 2 3 B a を移動させて、左側ブレード 5 1 B a による粉末の山 M b の拡散を行い、それによって粉末の層の形成を行うとともに、ブレード 5 1 B a の移動方向の後方に位置するノズルヘッド 2 2 からバインダの吐出を行う。これらの動作の際には、右側ブレード 5 1 B b は上昇し待避しており、それによって、右側ブレード 5 1 B b がバインダ付与後の粉末層の表面を乱すことを防止する。

【0146】

以上のような動作によって、ノズルヘッド22およびブレード51Ba、51BbにおけるX方向の往復動作を無駄なく利用することができるため、ブレードを復帰させるための時間、ノズルヘッドを復帰させるための時間が不要となる。これにより、粉末を薄層化するための時間を短縮できるとともに、粉末層に対するバインダを付与する時間を短縮できる。その結果、三次元造形物の造形をより迅速に行うことができる。また、両側のブレード51Ba、51Bbを相補的に昇降させるため、造形物をブレードで乱すことを特に有効に防止できる。

【0147】

<4. 第4実施形態>

図16は第4実施形態に係る三次元造形装置100Cの構成を示す図である。第4実施形態に係る三次元造形装置100Cでは、インクとバインダとが個別に吐出されるようになっており、図1に示す構成と比較して移動部本体23aにインク用のノズルヘッド221とバインダ用のノズルヘッド222とが設けられ、タンク部21がインク用のタンク211とバインダ用のタンク212とを有する点でのみ相違している。なお、図16では主要な構成にのみ第1実施形態と同様の符号を付している。

【0148】

インク用のタンク211およびノズルヘッド221はインクの色（例えば、CMYK各色）毎に分かれている。黒色（K）に相当するインクは黒色の発色を鮮明としたい場合に使用されるものであり、粉体材料が鮮明な白色でない場合にはさらに白色（W）のインクが使用されてよい。

【0149】

第4実施形態に係る三次元造形装置100Cの動作は、基本的には第1実施形態と同様であり、図2に示す動作の流れと同様である。ただし、インクとバインダとが別個に吐出される点でステップS7の動作が異なっている。図17は第4実施形態におけるステップS7の動作の流れを示すフローチャートである。

【0150】

1つの粉末の薄層が形成されると（図2：ステップS4～S6）、まず、ステ

ップ S 2 にて生成された彩色データに従ってインク用ノズルヘッド 2 2 1 からインクの吐出が行われる（ステップ S 7 1）。インクの吐出は第 1 実施形態における着色されたバインダの吐出と同様に彩色すべき色に応じて選択的に行われる。続いて、形状データに従ってバインダ用ノズルヘッド 2 2 2 から無色透明のバインダの吐出が行われる（ステップ S 7 2）。

【 0 1 5 1 】

このような動作により、図 6（a）に例示した各層の彩色領域にインクが付与され、彩色領域および彩色不要領域、すなわち、三次元造形物の 1 つの断面に相当する領域に無色透明のバインダが付与される。なお、インク付与後のバインダの付与は、図 1 6 において移動部本体 2 3 a を右側（ノズルヘッド 2 2 1 側）へと移動させながらインクとバインダとを並行して吐出することにより実現される。

【 0 1 5 2 】

その後、バインダの乾燥が行われ（図 2：ステップ S 8）、第 1 実施形態と同様に 1 つの粉末層における粉末の結合体 8 1 の形成が完了する。

【 0 1 5 3 】

そして、ステップ S 4 ～ S 8 を繰り返すことにより、造形が行われる空間 W K に三次元造形物が生成される（ステップ S 9）。

【 0 1 5 4 】

三次元造形装置 1 0 0 C ではバインダの吐出の前にインクの吐出が行われるが、これには 2 つの理由がある。1 つの理由は、バインダを吐出してからすぐにインクを吐出することによるインクのにじみを防止するためである。一般にインクが吐出されてから乾燥して安定的に定着するまでに要する時間は、バインダが吐出されてから乾燥（あるいは、硬化）して安定状態となるまでに要する時間よりも短い。例えば、紙に印刷を行うインクジェット式のプリンタ用のインクとしては速乾性のものが多く提供されている。

【 0 1 5 5 】

したがって、バインダを吐出してからすぐにインクを吐出するとバインダが安定化する前にバインダ上にインクが付与され、色がにじんで混ざってしまう。そ

の結果、色の再現性や解像度が劣化してしまい、所望の彩色状態の三次元造形物が得られない。さらに、バインダとインクとが混ざってしまうことにより、粉末同士が結合する領域が広がり、形状精度も劣化してしまう。

【0156】

もちろん、バインダが乾燥あるいは硬化するまで待機してからインクを吐出する方式も考えられるが、この場合、一層分の粉末結合体を形成するために要する時間が長くなってしまう。図16に示すように、インク用ノズルヘッド221とバインダ用ノズルヘッド222とが移動部本体23aに固定されている場合、図16に示す右側（ノズルヘッド221側）へと移動部本体23aを移動させながらインクおよびバインダの吐出を同時に行うことにより、粉末層へのインクおよびバインダの付与を順次に行うことができる。すなわち、粉末層上の任意の領域に対して移動部本体23aが一度通過するのみでインクおよびバインダの付与が完了する。

【0157】

しかしながら、粉末層にバインダを先に付与する場合には、一度バインダのみを粉末層に付与した後、バインダの乾燥や硬化を待った上でインクの付与を行う必要がある。この場合、粉末層上の任意の領域に対して移動部本体23aを2回通過させる必要が生じる。その結果、一層分の粉末結合体を形成するために要する時間が長くなってしまう。なお、インク用ノズルヘッド221とバインダ用ノズルヘッド222とが独立して移動可能である場合であっても、インクの吐出を先に行うことにより、2つのノズルヘッド221、222を同時に移動させながらインクおよびバインダの付与を行うことができ、バインダを先に吐出する場合よりも迅速に三次元造形物の形成を行うことができる。

【0158】

また、異なるインクを個別に吐出する場合であっても、速乾性のインクを先に吐出し、速乾性でないインクを後に吐出することにより、インクとバインダとの上述の関係と同様に色のにじみを防止しつつ迅速なインクの付与が実現される。

【0159】

このように、粉末層に複数種類の材料（複数種類のインクや複数種類のバイン

ダ等)を付与する際に、付与後の安定化に要する時間が短い(すなわち、より早く乾燥したり、より早く硬化する)材料を先に付与することにより、適切な彩色(または、適切な形状)の三次元造形物の生成を迅速に行うことが実現される。

【0160】

インクを先に付与し、バインダを後に付与するもう1つの理由は、バインダを先に付与してバインダが安定化してからインクを付与するとインクが粉末層に浸透せず、適切な彩色が困難となることを防止するためである。この場合、安定化したバインダの表面にのみインクが付着し、粉末層の内部は着色しない。その結果、完成後の三次元造形物を切断すると、断面における彩色が不適切なものになってしまう。なお、バインダは粉末層上の1つの領域に1つのノズルから吐出される形態に限定されるものではなく、エポキシ系の2液性接着剤や硬化促進剤が付与される接着剤のように、バインダが複数種類の材料により構成され、粉末層上の1つの領域に複数のノズルからバインダを構成する材料が吐出されるようになっていてもよい。

【0161】

以上のように、第4実施形態に係る三次元造形装置100Cでは、粉末層に付与された後において安定化するまでの時間が短い材料であるインクをバインダよりも先に付与することにより、色再現および形状再現が適切になされた三次元造形物を迅速に形成することが実現される。

【0162】

<5. 第5実施形態>

上記各実施形態では、各ノズルから異なる色の材料を供給するように構成したが、色に関わらず、造形物の質感(硬さを含む。)を異ならせる複数種類の材料(結合剤)をそれぞれのノズルから供給するように構成してもよい。

【0163】

このうち、質感が異なる複数の結合剤の例としては、

- (1) 光沢があるものと、光沢がないものとの組合せ、
- (2) 視覚的に粒状性を持つ結合剤と、視覚的に滑らかな結合剤との組合せ、
- (3) 比較的透明性がある結合剤と、不透明な結合剤との組合せ、

(4) 金属光沢を持たせた結合剤と、金属光沢を持たない結合剤との組合せ、や、それらの複合的な組合せなどある。

【0164】

また、硬さについては、単に硬度が異なる複数種類の材料を使用するのみならず、弾力性のある材料が用いられてもよい。これにより、例えば、把持部にゴムが取り付けられた製品のプロトプロダクトを三次元造形装置を用いて作成する際に、把持部に弾力性を有するバインダを用いることにより部分的に弾力性を有する三次元造形物を一体的に造形することが実現される。

【0165】

以上のように、色のみならず、質感に影響を与える複数種類の材料を粉末層に付与することにより、より複雑なプロトプロダクトを適切に製作することができる。

【0166】

< 6. 第6実施形態 >

次に、第6実施形態として造形材料である粉末に熱可塑性材料を利用する場合について説明する。なお、熱可塑性材料の利用は上記第1ないし第5実施形態のいずれにおいても可能であり、粉末層の形成およびバインダの付与を繰り返すことにより熱可塑性材料の粉末により形成された三次元造形物が得られる。また、以下の説明では、これまでの実施形態に用いられた符号を適宜付して説明を行う。

【0167】

熱可塑性材料の粉末が利用される場合、造形完了後の三次元造形物に対して加熱を行うことにより粉末粒子を互いに癒着させ、三次元造形物の強度の向上を図ることが可能となる。

【0168】

図18は熱可塑性材料の粉末を利用する場合における造形後（例えば、図2、図12、図14に示す造形動作が行われた後）の後処理の流れを示すフローチャートである。最終の粉末層までバインダによる接着が完了すると、三次元造形物を取り出すことができる程度までバインダの強度が高まるまで放置される。バイ

ンダの強度が十分に高まると、造形が行われる空間WK内の粉末の中から三次元造形物が作業者により取り出され、三次元造形物の周囲に付着している不要な粉末の除去が行われる（ステップS101）。このとき、三次元造形物に振動を与えたり、高速の気流を与えることにより、三次元造形物の周囲や入り組んだ部分に付着している粉末の除去が行われる。

【0169】

続いて、三次元造形物が定着装置へと搬送され、三次元造形物に熱を加えることにより熱可塑性材料が軟化する温度以上に加熱し、粉末の定着（粉末同志の結合力を高める処理をいう。）が行われる（ステップS102，S103）。これにより、三次元造形物の強度の向上が容易に実現される。

【0170】

図19は定着装置71の構成を示す図である。図19に示す定着装置71の内部は加熱処理が行われる空間となっており、搬入された三次元造形物91にフラッシュ光を照射するためのランプ711が配置されている。ランプ711としては、赤外線ランプ、キセノンランプ、ハロゲンランプなどの熱エネルギーに変換されやすい光を放出するランプが利用される。

【0171】

ランプ711からの光が三次元造形物91に照射されると、三次元造形物91の表面において熱可塑性材料の粉末が光エネルギーを吸収して温度が上昇する。その結果、三次元造形物91の表面において粉末が互いに癒着（あるいは、融着）する。その後、ランプ711が消灯されることにより表面の粉末が硬化して強固に結合し、三次元造形物91の強度が向上する。三次元造形物91の加熱にランプを用いる場合、ランプの点灯を制御するのみで三次元造形物91の定着を容易に行うことができる。

【0172】

図20は定着装置71の他の構成を示す図である。図20に示す定着装置71は内部が加熱処理が行われる空間となっており、内部空間にはヒータ721およびファン723が配置される。ヒータ721は電源722により電力が供給される。すなわち、定着装置71はいわゆるオーブンとなっており、内部空間の空気

を加熱することにより三次元造形物 9 1 を加熱するようになっている。そして、図 2 0 に示す定着装置 7 1 の場合においても、三次元造形物 9 1 の表面の粉末が癒着（あるいは、融着）するように加熱制御が行われ、その後、加熱を停止（あるいは、冷却）を行うことにより熱可塑性樹脂を硬化させ、三次元造形物 9 1 の強度が高められる。なお、加熱に際して加圧が行われてもよい。

【 0 1 7 3 】

図 2 1 は第 1 実施形態に係る三次元造形装置に三次元造形物の定着を自動的に行う構成が追加された様子を例示する図である。なお、図 2 1 では三次元造形装置 1 0 0 D の上部は第 1 実施形態と同様であるため、図示を適宜省略している。

【 0 1 7 4 】

三次元造形装置 1 0 0 D では、造形部 3 0 の側方に定着部 7 0 が配置され、造形部本体 3 1 の側壁の一部（筒状の部分）が移動側壁 3 1 1 となっている。移動側壁 3 1 1 は軸 3 1 2 を介してシリンダが接続されており、シリンダを駆動することにより水平方向に移動可能とされている。また、造形ステージ 3 2 上には金網などの多孔板 3 2 1 が配置される。

【 0 1 7 5 】

定着部 7 0 内部には、三次元造形物にフラッシュ光を照射するランプ 7 3 1 および三次元造形物に付着している不要な粉末を除去するファン 7 3 2 が設けられる。定着部 7 0 内部の下方には三次元造形物を案内するためのガイドローラ 7 3 3 が配置されており、ガイドローラ 7 3 3 は定着部 7 0 外部のガイドローラ 7 3 4 へと連絡している。

【 0 1 7 6 】

第 1 実施形態と同様にして造形が行われる空間 W K に三次元造形物 9 1 の全体が形成されると、図 2 1 に示す状態から図 2 2 に示すように支持棒 3 3 a により造形ステージ 3 2 が下降し、三次元造形物 9 1 が移動側壁 3 1 1 に囲まれる位置にて停止する。そして、図 2 3 に示すように移動側壁 3 1 1 が軸 3 1 2 により押されて定着部 7 0 へと移動する。これにより、多孔板 3 2 1 とともに三次元造形物 9 1 および周囲の粉末がガイドローラ 7 3 3 に案内されながら定着部 7 0 内部へと搬送される。

【 0 1 7 7 】

定着部 7 0 に三次元造形物 9 1 および周囲の粉末が搬送されると、多孔板 3 2 1 の孔から周囲の粉末が下方へと落下する。さらに、ファン 7 3 2 により三次元造形物に付着している粉末の除去が行われる。なお、不要な粉末の除去を適切に行うため、ガイドローラ 7 3 3 や移動側壁 3 1 1 を振動させてもよい。

【 0 1 7 8 】

不要な粉末の除去が完了するとランプ 7 3 1 を点灯制御し、既述のように三次元造形物の表面を構成する熱可塑性の粉末を定着させる。すなわち、粉末を軟化させて癒着させた後、冷却して硬化させる。これにより、三次元造形物の強度が高められる。定着工程が完了すると、図 2 4 に示すように移動側壁 3 1 1 がさらに移動して三次元造形物 9 1 が多孔板 3 2 1 とともにガイドローラ 7 3 4 上へと搬出される。

【 0 1 7 9 】

完成した三次元造形物 9 1 が移動側壁 3 1 1 から取り出されると、移動側壁 3 1 1 が多孔板 3 2 1 とともに造形部 3 0 へと戻り、三次元造形物作成の最初の段階へと戻る。

【 0 1 8 0 】

なお、定着部 7 0 は図 2 0 に示したオープン式であってもよく、造形部 3 0 と定着部 7 0 とは別体となってもよい。造形部 3 0 から定着部 7 0 への三次元造形物 9 1 の搬送が自動で行われる場合において、他の任意の機構が用いられてよい。また、熱可塑性材料の粉末を用いて三次元造形物を形成し、加熱により三次元造形物の強度を高めるという手法は、粉末を用いて三次元造形を行うあらゆる形態に利用することが可能である。

【 0 1 8 1 】

次に、粉末の材料として利用される熱可塑性材料について説明する。熱可塑性材料としては、樹脂（熱可塑性プラスチックや熱可塑性ゴムなど）や金属が採用される。もちろん、熱可塑性を有するのであるならば、他の材料が利用されてもよい。なお、粉末を白色とすることにより三次元造形物の発色を良くすることができ、無色透明とすることにより粉末の色が彩色の妨げとなることを防止するこ

とができる。すなわち、粉末を白色または無色透明とすることにより適切な色再現を実現することができる。これは第 1 ないし第 4 実施形態においても同様である。

【 0 1 8 2 】

熱可塑性樹脂としては、ポリオレフィン、ポリスチレン、ABS、ポリ塩化ビニル、メタクリル樹脂、ポリアクリレート、アクリルゴム、ポリエステル系熱可塑性エラストマー、ポリウレタンエラストマー、スチレン系熱可塑性エラストマー、イソプレン系熱可塑性エラストマー、オレフィン系熱可塑性エラストマー、ポリカーボネート、ポリエステル、ポリイミドなどの多くの種類がある。また、熱可塑性のゴムやエラストマーを利用することにより、弾力性を有する三次元造形物を得ることも可能となる。

【 0 1 8 3 】

熱可塑性の金属としては、低融点のはんだ、Uアロイ (Bi-Pb-Sn-Cd-In 合金) などが利用可能である。

【 0 1 8 4 】

なお、熱可塑性樹脂を利用する場合、粉末を容易に白色にすることができるとともに適切な着色も容易に行うことができる。

【 0 1 8 5 】

ここで、熱可塑性材料として電子写真式の複写機やプリンタなどに用いられる汎用の電子写真用トナーを利用することも可能である。電子写真用トナー（以下、「トナー」という。）は熱可塑性樹脂を主成分とし、入手も容易であり、粒子の大きさも整っていることから粉末による三次元造形に適した材料となる。

【 0 1 8 6 】

トナーは、主として樹脂、粒子内部に添加される内添剤、および、粒子外部に添加される外添剤により構成され、一般にトナーの成分として 95% を占める樹脂はポリエステルまたはスチレンアクリルである。そして、樹脂粉末の内添剤としての有機金属化合物、カーボンなどの顔料、電荷制御剤としての有機金属化合物、離型剤としてのポリエチレン、ポリプロピレン、天然ワックスなどのワックスが樹脂粉末中に数パーセント分散している。さらに、外添剤として酸化ケイ素

、酸化チタン、酸化ストロンチウム、ステアリン酸カルシウムなどが粒子表面に数パーセント固着している。

【 0 1 8 7 】

また、トナーを利用する場合のバインダに含有させる接着剤としては、ポリエステル樹脂系、アクリル樹脂系、シアノアクリレート系などの接着剤がり、水性エマルジョンタイプの接着剤であればインクジェット式にて吐出が可能である。トナーを定着させる手法としては、上述のフラッシュ方式（ランプ方式）やオープン方式が利用可能である。

【 0 1 8 8 】

以上のように、粉末材料としてトナーを利用することにより、熱可塑性の粉末を安価で容易に入手することができる。

【 0 1 8 9 】

< 7. 変形例 >

・彩色については、R（レッド）、G（グリーン）、B（ブルー）からなる色光の3原色を用いてもよい。

【 0 1 9 0 】

・着色バインダについて、4種類の色を有するのは必須ではなく、例えば3原色と白色と無色透明とからなる5種類の色でもよく、6種類以上でもよい。

【 0 1 9 1 】

・吐出ノズルについては、タンクに收容された色別の各バインダを吐出前に混合して吐出できる構成としてもよい。

【 0 1 9 2 】

・粉末の色については、白色であるのは必須ではなく、青、黄などの有彩色またはガラス粉末などの無色透明でも良い。

【 0 1 9 3 】

・粉末層の形成については、ブレードを用いることは必須ではなく、ローラなどを用いても良い。

【 0 1 9 4 】

・第3実施形態においては両側のブレードなどを「左右」と表現しているが、

これは相対的なものであり、たとえば前後方向にブレードなどを移動させて粉末を拡散させる装置であっても、方向を変えて見れば左右方向になる。このため、一般性を失うことなく、「左右」と呼ぶことができる。

【0195】

・第3実施形態では、2つのブレードを利用して効率よく粉末層を形成する際に、粉末層を形成する側のブレードを下降させ、他方のブレードを上昇させるようにしているが、粉末の材質やバインダの材質により他方のブレードが粉末層に影響を与えないという条件が満たされるのであるならば必ずしも他方のブレードを上昇させる必要はない。

【0196】

・上記各実施形態では、形状データの存在する領域のみに対してノズルヘッドを走査させるようにしたが、ノズルヘッドの移動を造形部本体の作業領域全面をラスタ走査するように構成してもよい。この場合、形状データは不要であり、断面データとしては彩色データのみを作成するように構成する（すなわち、形状データの役割を彩色データが兼ねる。）。

【0197】

・上記第1ないし第3実施形態では、各色にバインダ機能を持たせたが、複数色のうち1つ（望ましくは白）をバインダとし、他の色についてはバインダ機能を有さないインクとしてもよい。すなわち、粉末層に付与されるバインダ（結合剤または結合剤を含む材料）は少なくとも1種類存在すればよく、第4実施形態は無色透明の1種類のバインダが使用される例となっている。

【0198】

【発明の効果】

以上説明したように、請求項1ないし請求項25の発明によれば、粉末材料の層に対して、少なくとも1種類の結合剤を含む複数種類の材料を付与することが可能であるため、三次元造形物の造形過程で種々の特性を持たせることができる。その結果、短時間かつ低コストで、種々の特性を有する三次元造形物を生成できる。

【0199】

また、請求項 2 の発明によれば、適切な彩色または形状の三次元造形物の生成を迅速に行うことができる。

【 0 2 0 0 】

また、請求項 3 の発明によれば、付与手段は結合剤とインクとを付与するため、短時間かつ低コストで種々に彩色された三次元造形物を生成できる。

【 0 2 0 1 】

また、請求項 4 の発明によれば、色再現および形状再現が適切になされた三次元造形物を迅速に生成することが実現される。

【 0 2 0 2 】

また、請求項 5 の発明によれば、付与手段は、それぞれ異なる色を有する複数の結合剤を付与するため、短時間かつ低コストで種々に彩色された三次元造形物を生成できる。

【 0 2 0 3 】

また、請求項 6 の発明によれば、複数の結合剤は、それぞれ 3 原色で着色された 3 の結合剤を含むため、三次元造形物において特に多様な色表現が容易となる。

【 0 2 0 4 】

また、請求項 7 の発明によれば、複数の結合剤は、白色で着色された結合剤を含むため、三次元造形物における色の濃淡の表現が容易となる。

【 0 2 0 5 】

また、請求項 8 の発明によれば、複数の結合剤は無色透明または乳白色の結合剤を含むため、粉末材料の地色を三次元造形物における彩色に活用し易い。

【 0 2 0 6 】

また、請求項 9 の発明によれば、複数の結合剤は粉末材料の地色以外で色された結合剤であるため、三次元造形物の彩色に不要となる粉末材料の地色に対応する結合剤の節約ができる。

【 0 2 0 7 】

また、請求項 1 0 の発明によれば、彩色領域では複数の結合剤を選択的に用いて粉末材料が結合されるとともに、彩色不要領域では複数のうちの 1 の色の結合

剤により結合される。その結果、彩色不要領域において、結合剤の付与が簡素化できる。

【 0 2 0 8 】

また、請求項 1 1 の発明によれば、彩色領域は三次元造形物の表面に現れる領域を含むため、三次元造形物の適切な彩色ができるとともに、結合剤の効率的な活用ができる。

【 0 2 0 9 】

また、請求項 1 2 の発明によれば、複数の結合剤のうち残量が比較的多い結合剤を彩色不要領域に付与するため、複数の結合剤の消費量をほぼ均一化でき、各結合剤の有効活用ができる。

【 0 2 1 0 】

また、請求項 1 3 の発明によれば、付与手段は、異なる質感をもたらす複数の結合剤を付与するため、短時間かつ低コストで種々の質感を有する三次元造形物を生成できる。

【 0 2 1 1 】

また、請求項 1 4 の発明によれば、複数のノズルのそれぞれは複数の結合剤のうちの 1 の結合剤を吐出するため、三次元造形物において所望の彩色を容易に行える。

【 0 2 1 2 】

また、請求項 1 5 ないし請求項 2 0 の発明によれば、粉末材料は白色であるため、三次元造形物の彩色において特に発色を良くすることができる。

【 0 2 1 3 】

また、請求項 2 1 の発明によれば、三次元造形物において、粉末の色が彩色の妨げとなるのを防止できる。

【 0 2 1 4 】

また、請求項 2 2 の発明によれば、結合剤の付与量は、粉末材料の層の主面に関して単位面積あたりほぼ同量であるため、三次元造形物の強度を適切に確保できる。

【 0 2 1 5 】

また、請求項 2 3 の発明によれば、付与手段の移動方向に応じて左右の粉末拡散部材で粉末材料の層を形成できるため、粉末材料の層形成を効率よく行うことができる。その結果、三次元造形物の造形をより迅速に行うことができる。

【 0 2 1 6 】

また、請求項 2 4 の発明によれば、左側の粉末拡散部材で拡散形成した粉末層を右側の粉末拡散部材で乱すことを確実に防止できるため、三次元造形物の生成を正確かつ迅速に行うことができる。

【 0 2 1 7 】

請求項 2 6 ないし請求項 3 2 の発明によれば、熱可塑性を有する粉末材料を用い、三次元造形物を加熱するので、三次元造形物の強度を容易に高めることができる。

【 0 2 1 8 】

また、請求項 2 7 および請求項 2 9 の発明によれば、光を用いてさらに容易に三次元造形物の強度を高めることができる。

【 0 2 1 9 】

また、請求項 3 0 の発明によれば、粉末材料の適切な着色を容易に行うことができる。

【 0 2 2 0 】

また、請求項 3 1 の発明によれば、安価な粉末材料を容易に入手することができる。

【 0 2 2 1 】

また、請求項 3 2 の発明によれば、適切な色再現を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

第 1 実施形態に係る三次元造形装置を示す概略図である。

【図 2】

三次元造形装置の動作の概要を説明するフローチャートである。

【図 3】

(a) ないし (c) は断面データの生成の様子の一例を示す図である。

【図 4】

(a) ないし (c) は断面データ (形状データ) の他の例を示す図である。

【図 5】

(a) ないし (c) は三次元造形装置の動作を説明する概念図である。

【図 6】

(a) は第 1 実施形態において得られる三次元造形物を示す断面図であり、
b) は部分拡大図である。

【図 7】

シアンについての階調表現の一例を示す図である。

【図 8】

淡いシアンから淡いイエローへ変化する表現の一例を示す図である。

【図 9】

(a) および (b) は彩色の一例を示す図である。

【図 10】

第 2 実施形態に係る三次元造形装置を示す概略図である。

【図 11】

タンク部の一部断面を示す図である。

【図 12】

三次元造形装置の動作の概要を説明するフローチャートである。

【図 13】

第 3 実施形態に係る三次元造形装置を示す概略図である。

【図 14】

三次元造形装置の動作の概要を説明するフローチャートである。

【図 15】

(a) ないし (d) は三次元造形装置の動作を説明する概念図である。

【図 16】

第 4 実施形態に係る三次元造形装置を示す概略図である。

【図 17】

第 4 実施形態におけるインクおよびバインダの吐出動作の流れを示すフローチ

ャートである。

【図 1 8】

造形完了後の処理の流れを示すフローチャートである。

【図 1 9】

定着装置の内部構成を例示する図である。

【図 2 0】

定着装置の内部構成の他の例を示す図である。

【図 2 1】

定着部を有する三次元造形装置の一部を示す図である。

【図 2 2】

図 2 1 に示す三次元造形装置の動作の様子を示す図である。

【図 2 3】

図 2 1 に示す三次元造形装置の動作の様子を示す図である。

【図 2 4】

図 2 1 に示す三次元造形装置の動作の様子を示す図である。

【符号の説明】

- 1 0 制御部
- 2 0 バインダ付与部
- 2 1 a ～ 2 1 d , 2 1 A a ～ 2 1 A d タンク
- 2 2 a ～ 2 2 d 吐出ノズル
- 2 3 X Y 方向移動部
- 2 4 B 駆動部
- 2 5 a ～ 2 5 d 検出器
- 3 0 造形部
- 3 1 B a , 3 1 B b 粉末仮置部
- 3 2 造形ステージ
- 3 3 Z 方向移動部
- 4 0 , 4 0 B a , 4 0 B b 粉末供給部
- 5 0 粉末拡散部

5 1, 5 1 B a, 5 1 B b ブレード

9 1 三次元造形物

9 1 a 領域

9 1 b 領域

7 0 定着部

7 1 定着装置

1 0 0, 1 0 0 A ~ 1 0 0 D 三次元造形装置

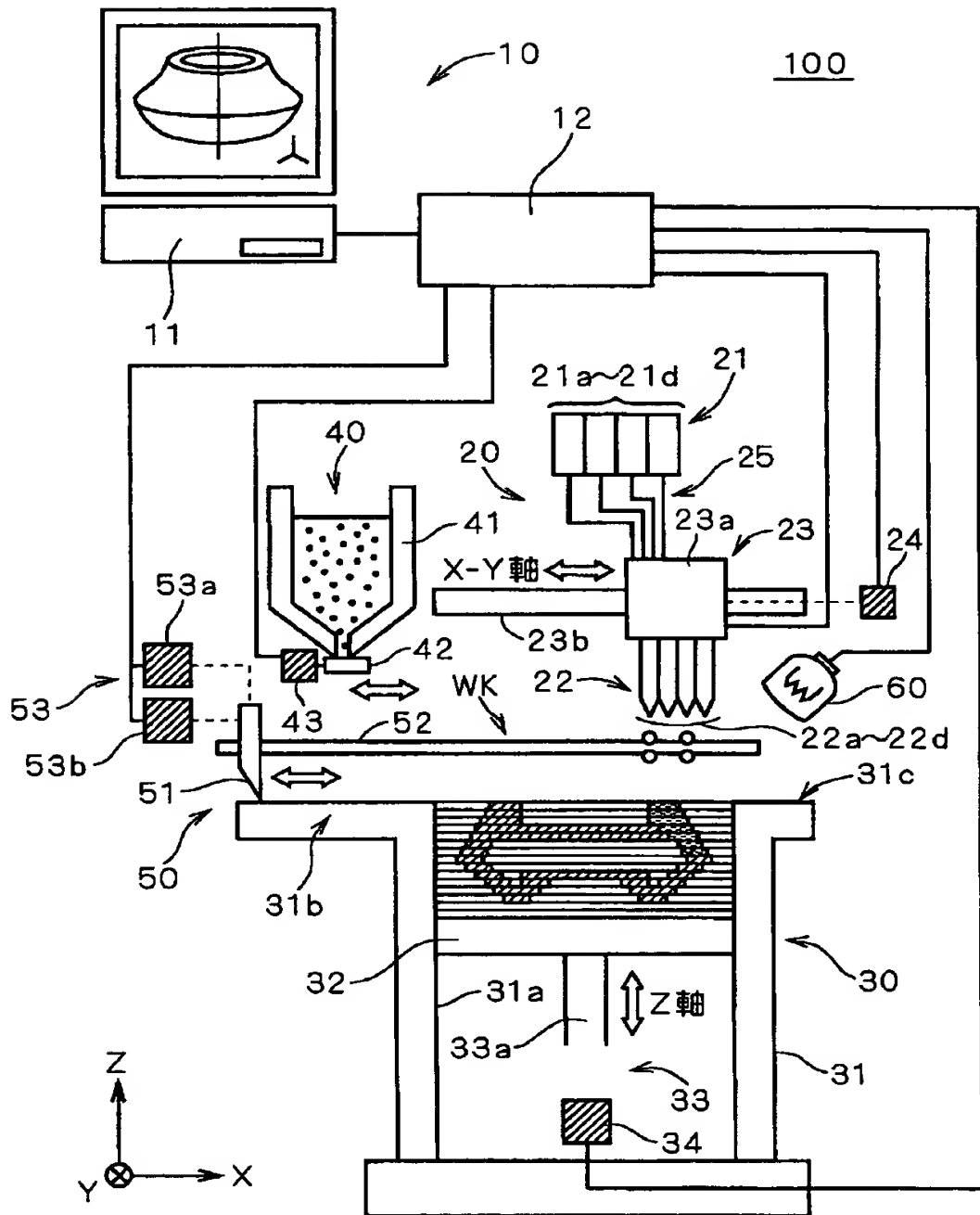
7 1 1 ランプ

7 2 1 ヒータ

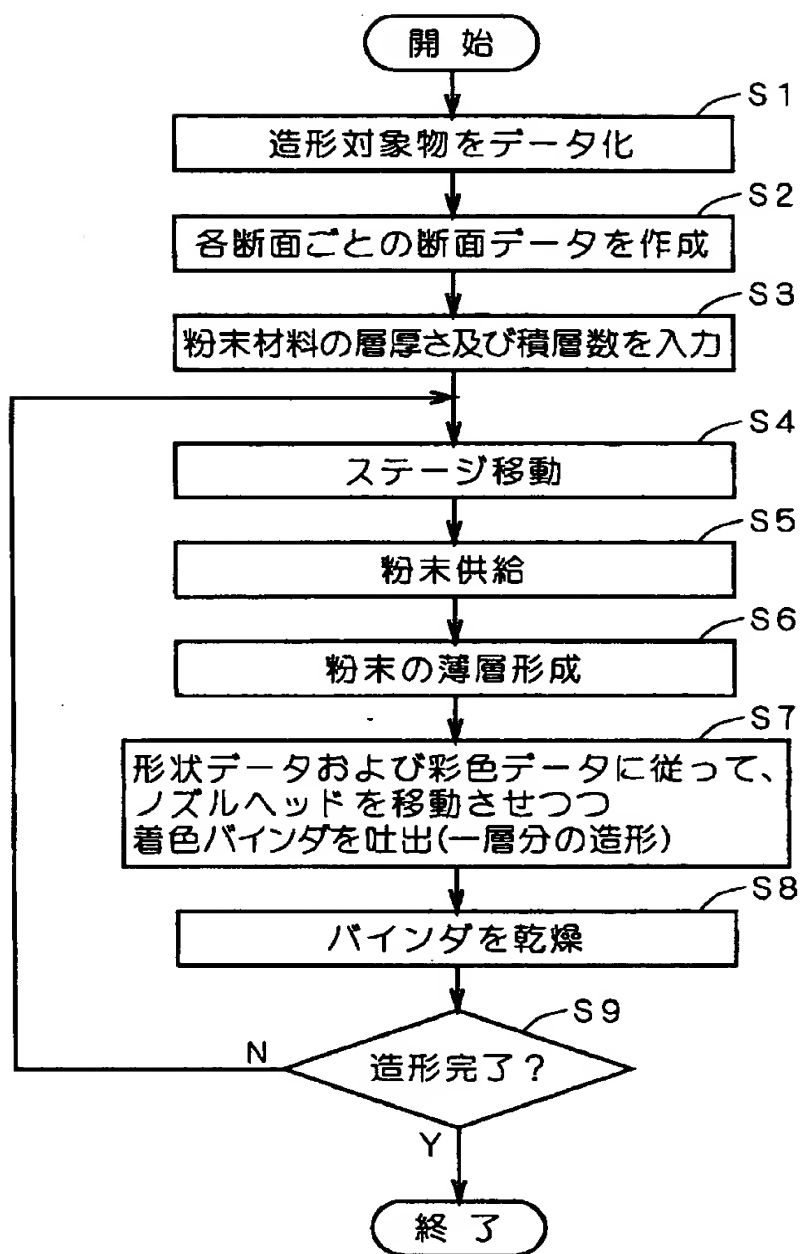
S 6, S 7, S 9, S 1 7, S 1 9 a, S 1 9 b, S 2 2, S 3 7 a, S 3 7
b, S 3 9, S 1 0 3 ステップ

【書類名】 図面

【図 1】

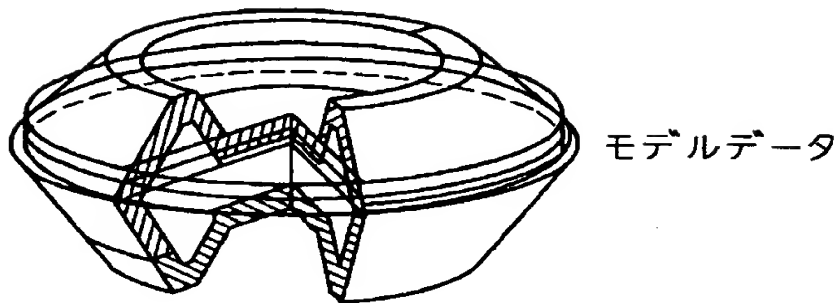


【図 2】

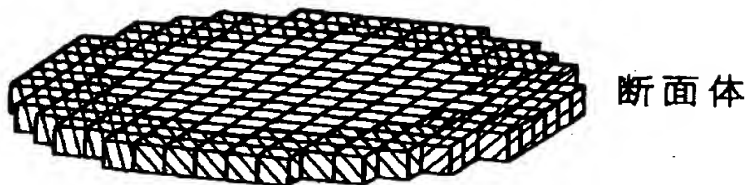


【図3】

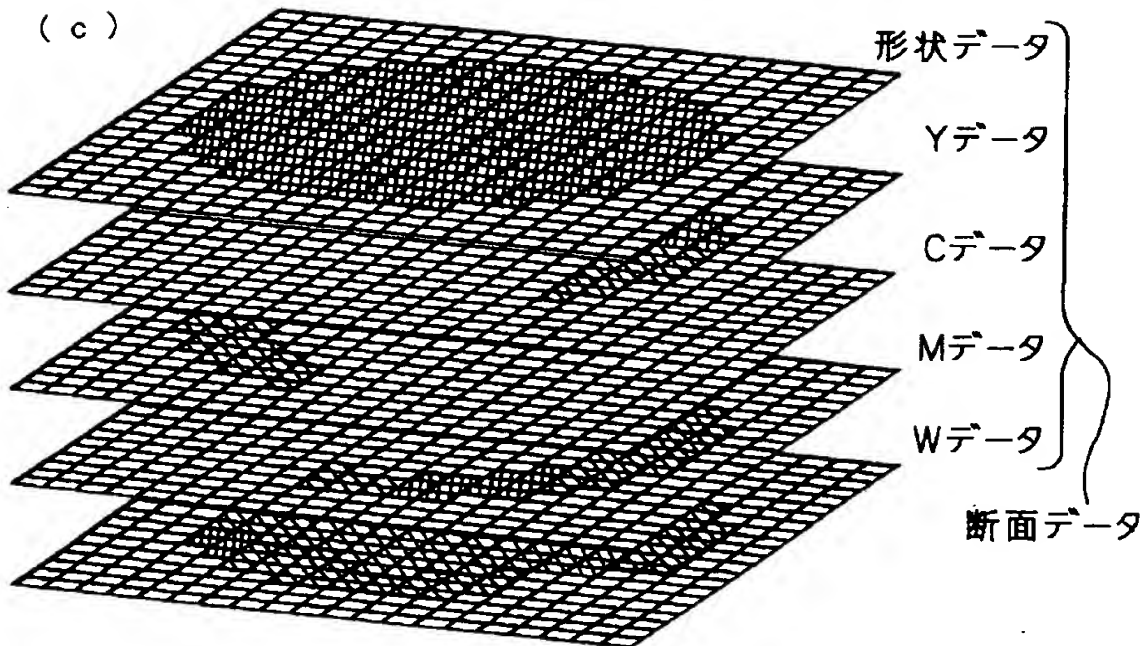
(a)



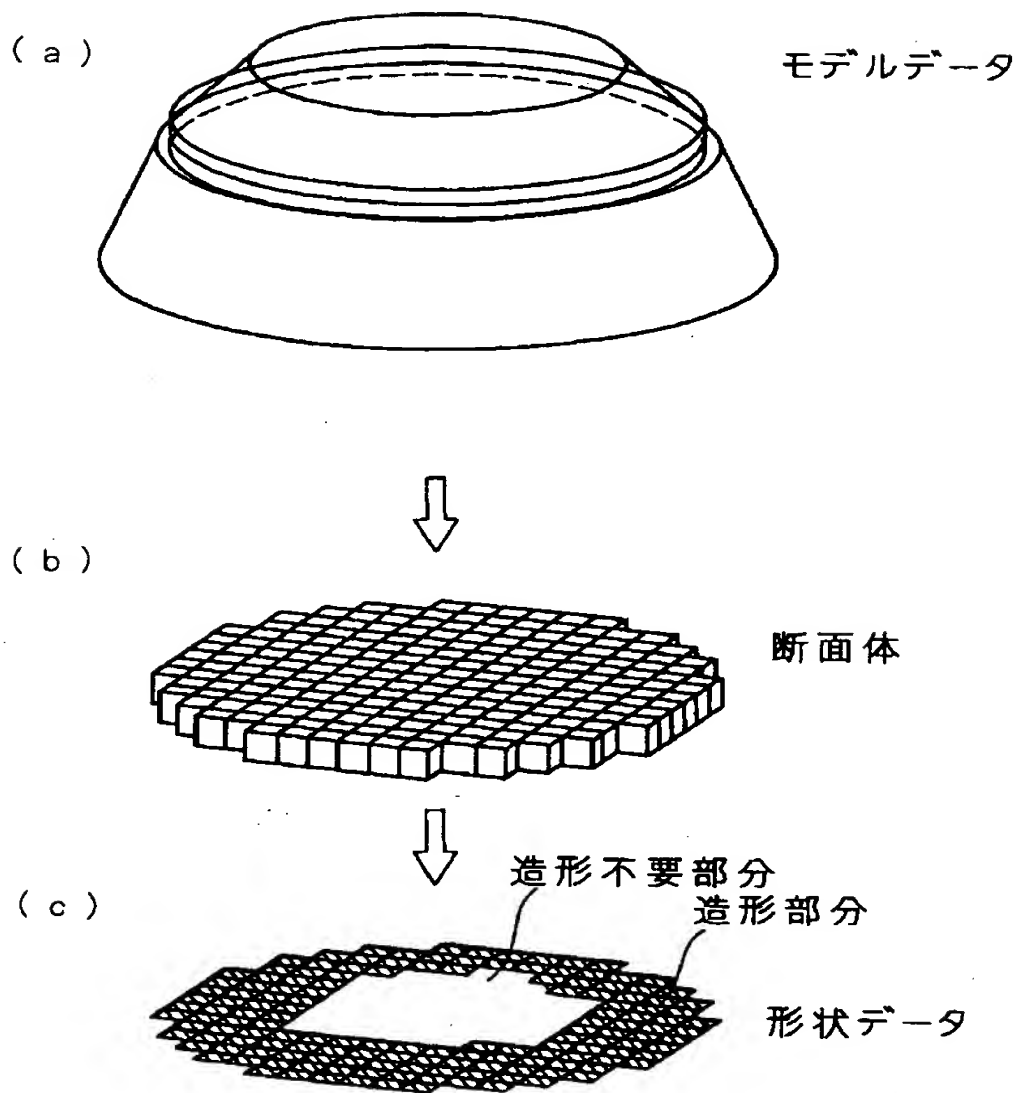
(b)



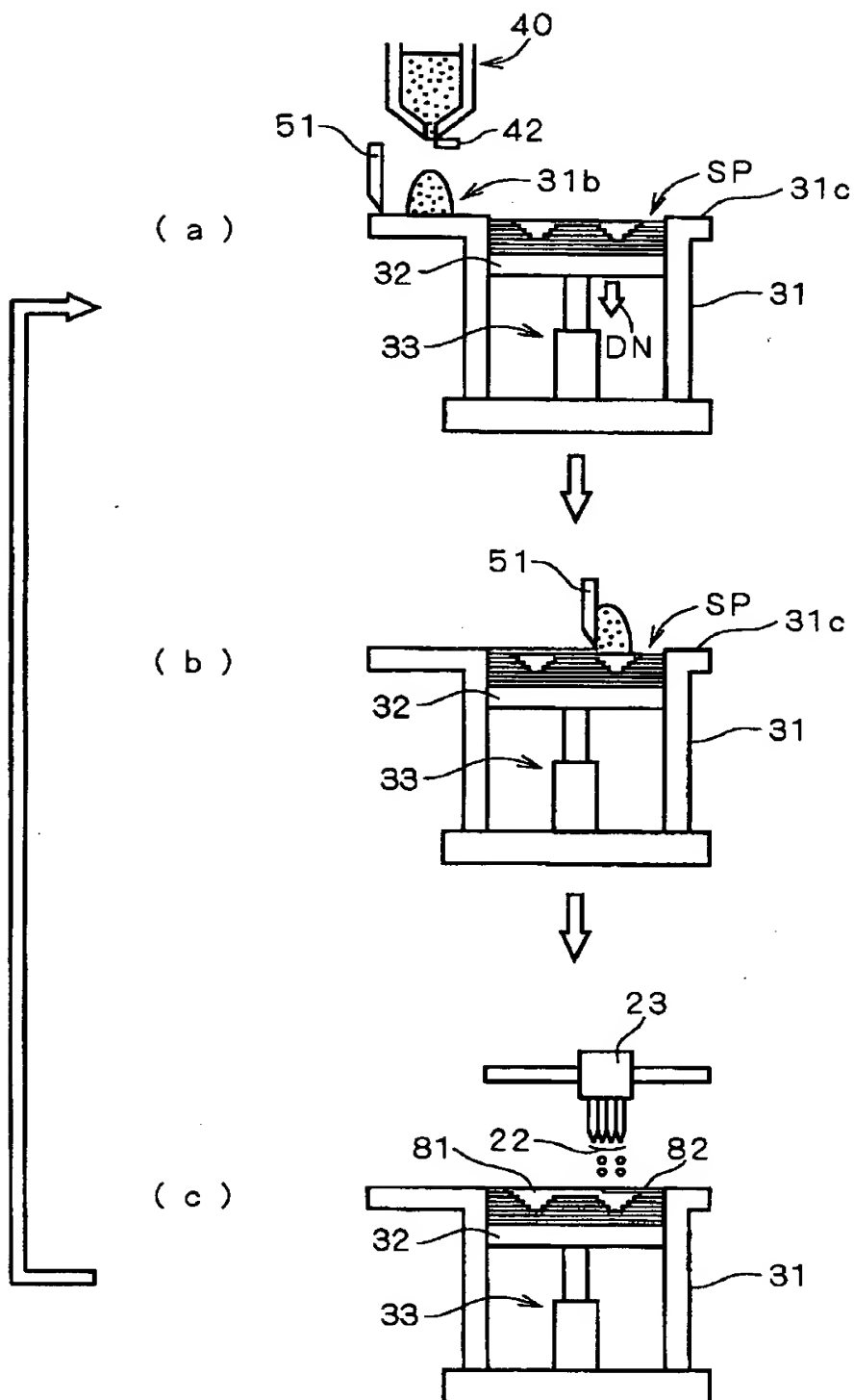
(c)



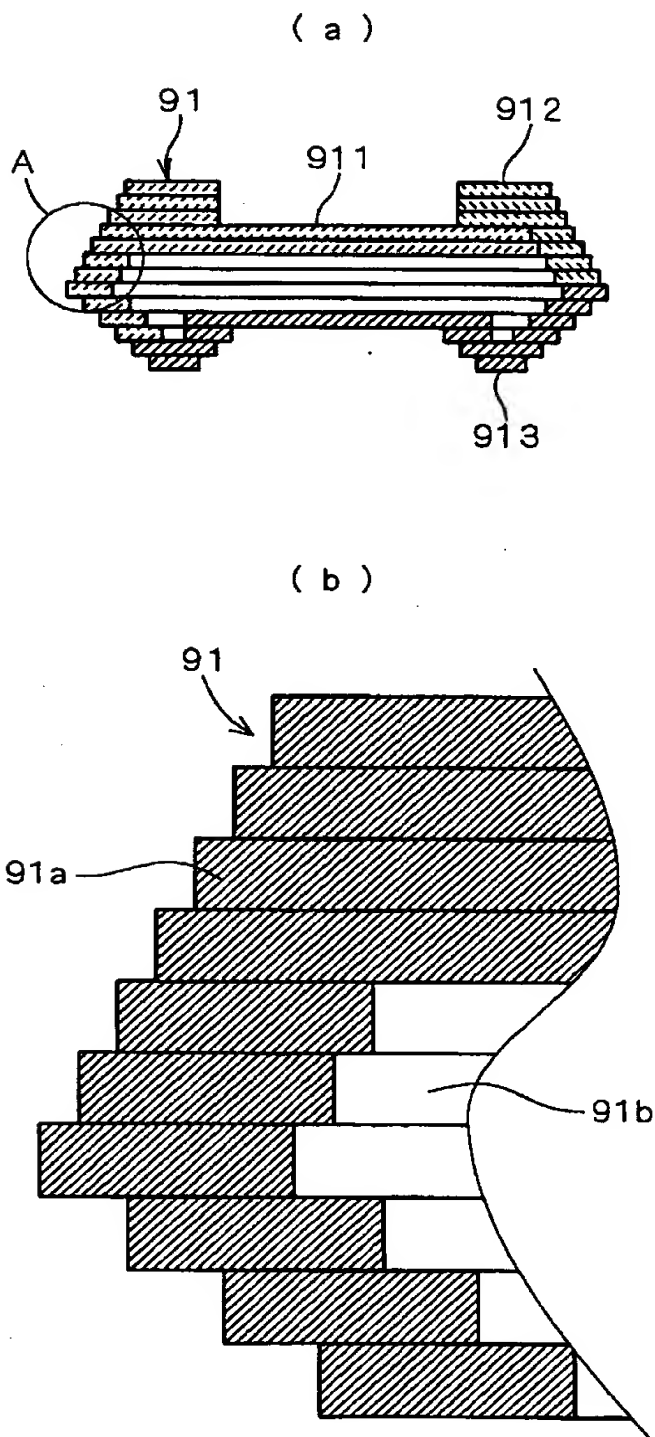
【図4】



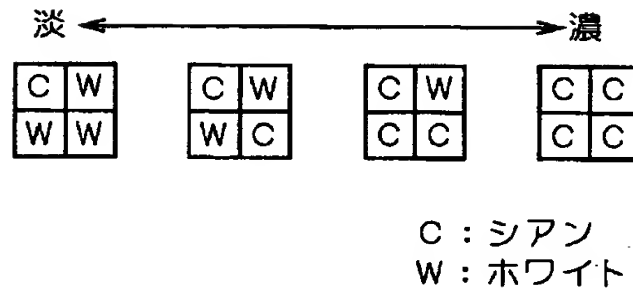
【図 5】



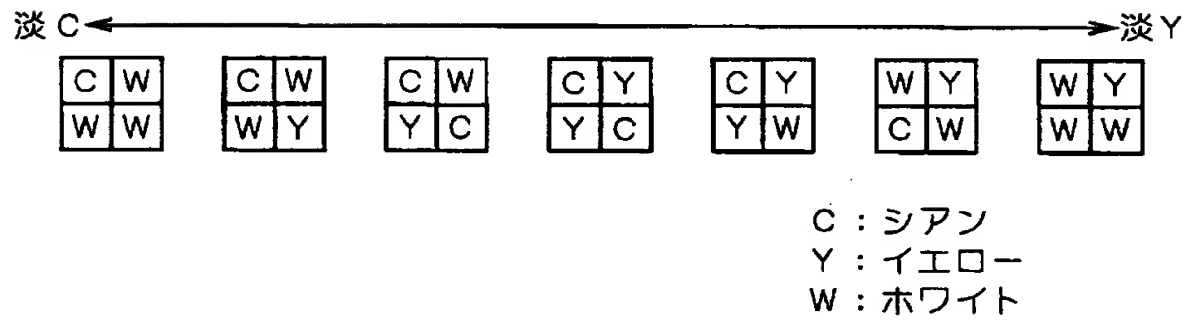
【図 6】



【図 7】

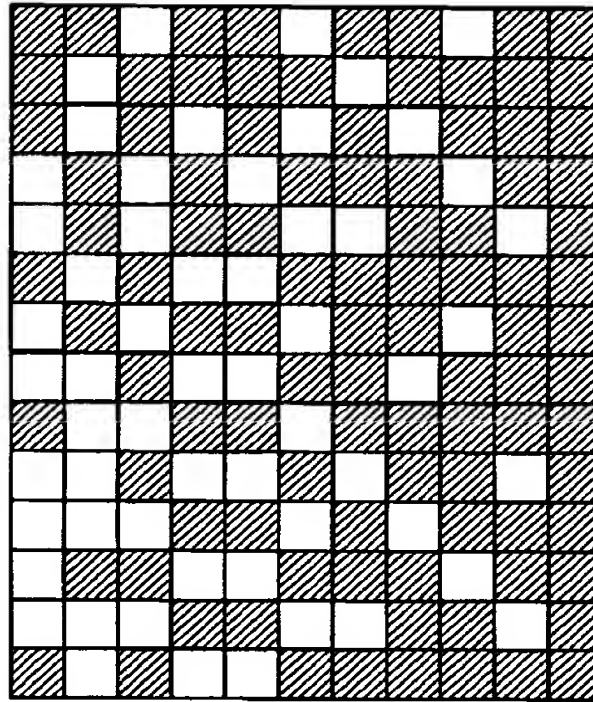


【図 8】



【図 9】

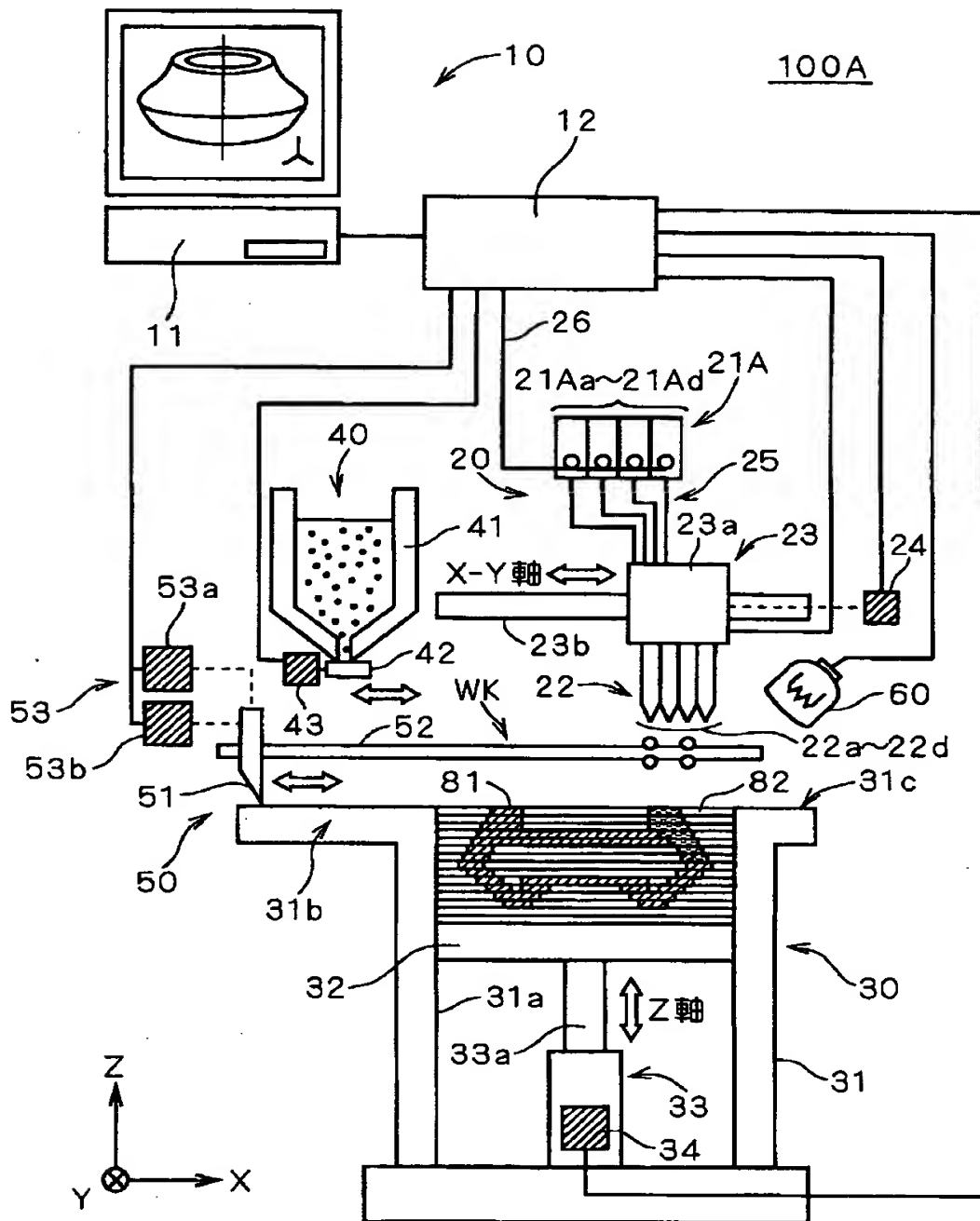
(b)



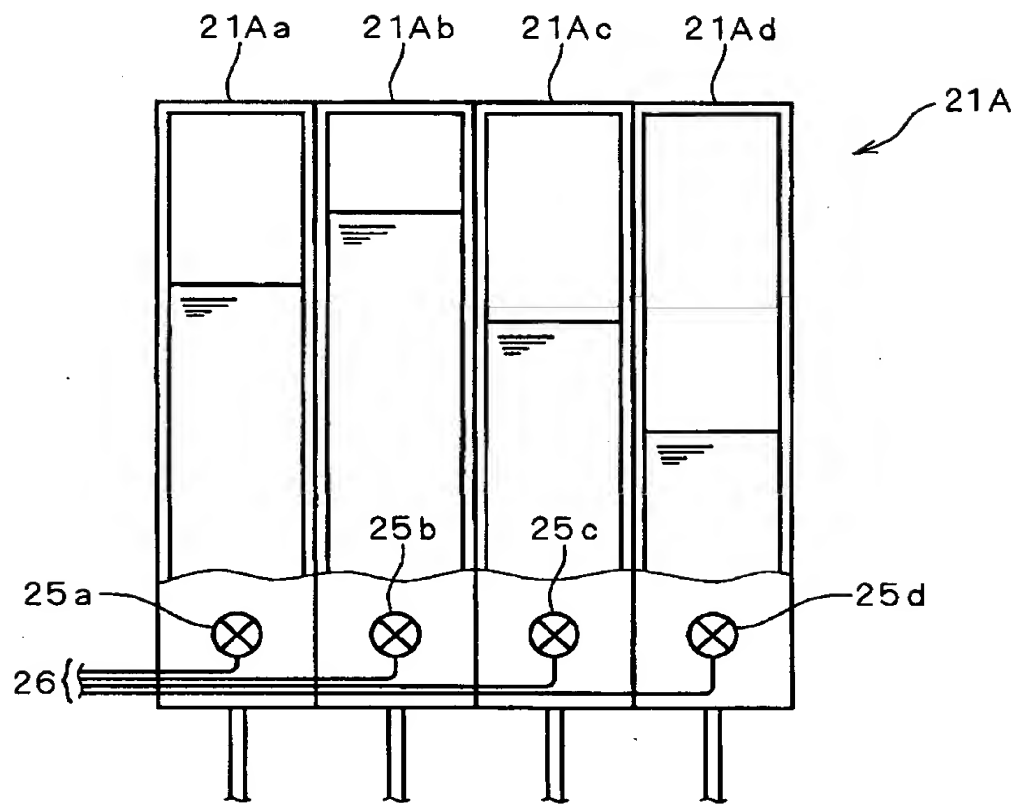
(a)

C	C	W	C	C	W	C	C	W	C	C
C	W	C	C	C	C	W	C	C	C	C
C	W	C	W	C	W	C	W	C	C	C
W	C	W	C	W	C	C	C	W	C	C
W	C	W	C	C	W	W	C	C	W	C
C	W	C	W	W	C	C	C	C	C	C
W	C	W	C	C	W	C	C	W	C	C
W	W	C	W	W	C	C	W	C	C	C
C	W	W	C	C	W	C	C	C	C	C
W	W	C	W	W	C	W	C	C	W	C
W	W	W	C	C	W	C	W	C	C	C
W	C	C	W	W	C	C	C	W	C	C
W	W	W	C	C	W	W	C	C	W	C
C	W	C	W	W	C	C	C	C	C	C

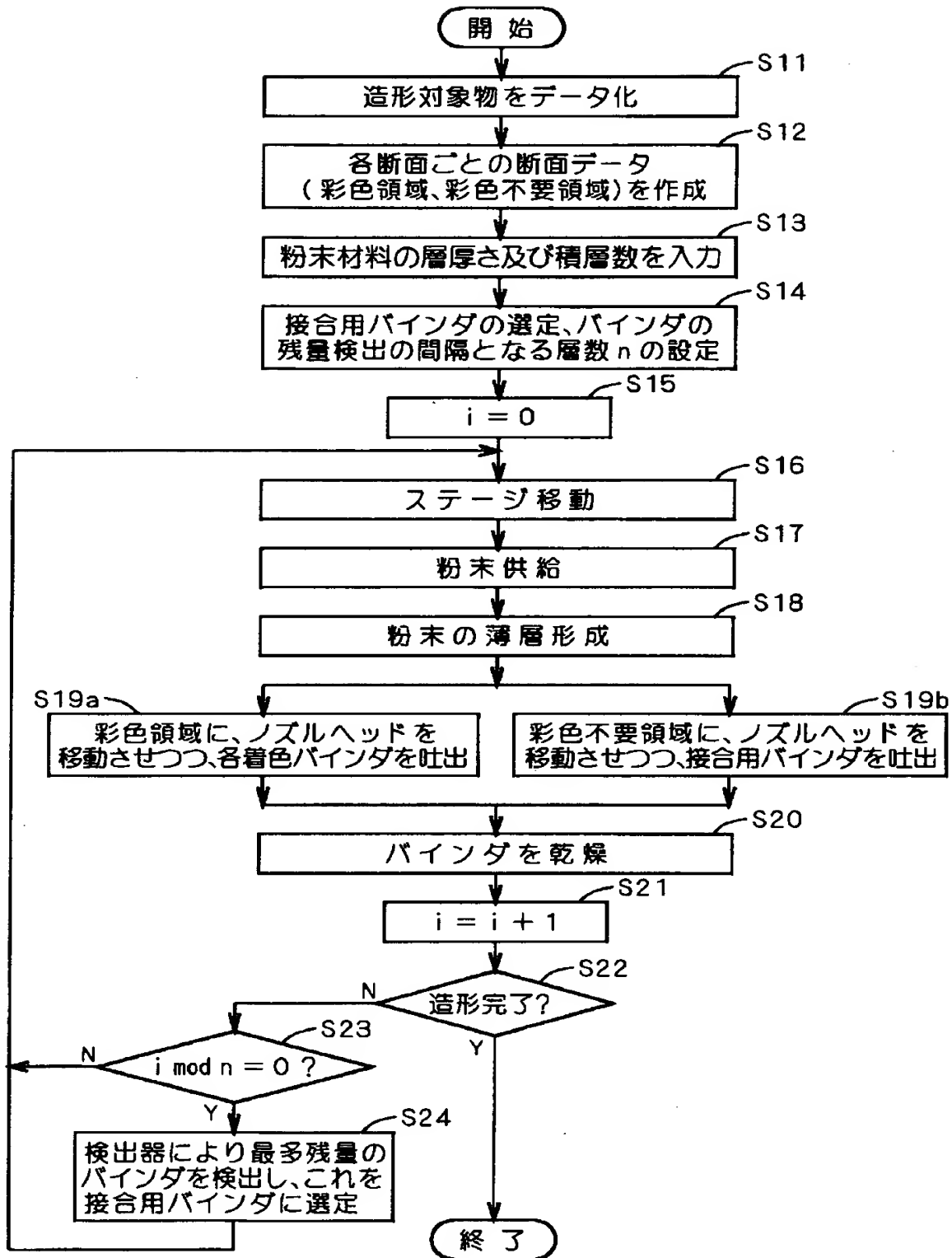
【図 10】



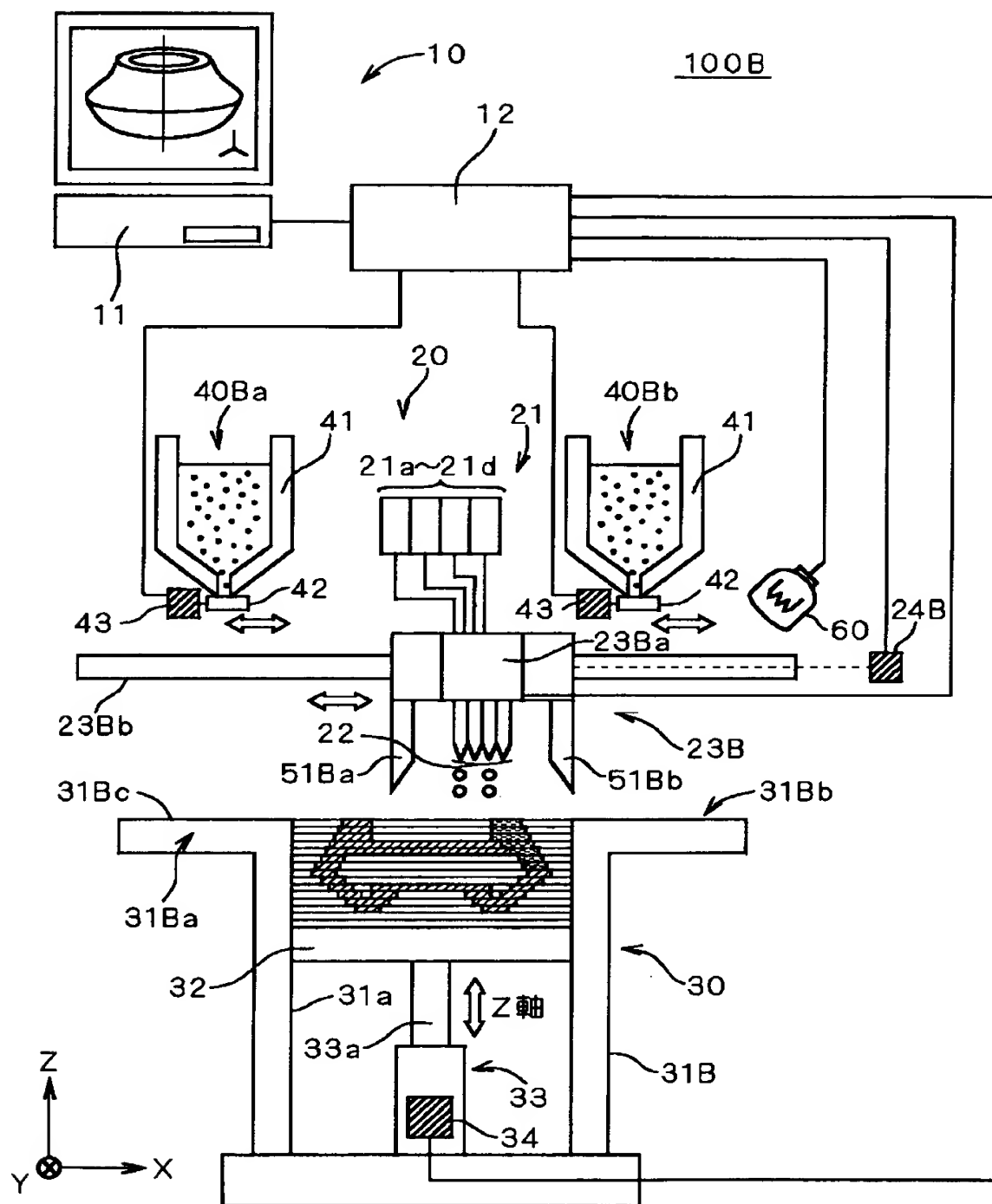
【図 1 1】



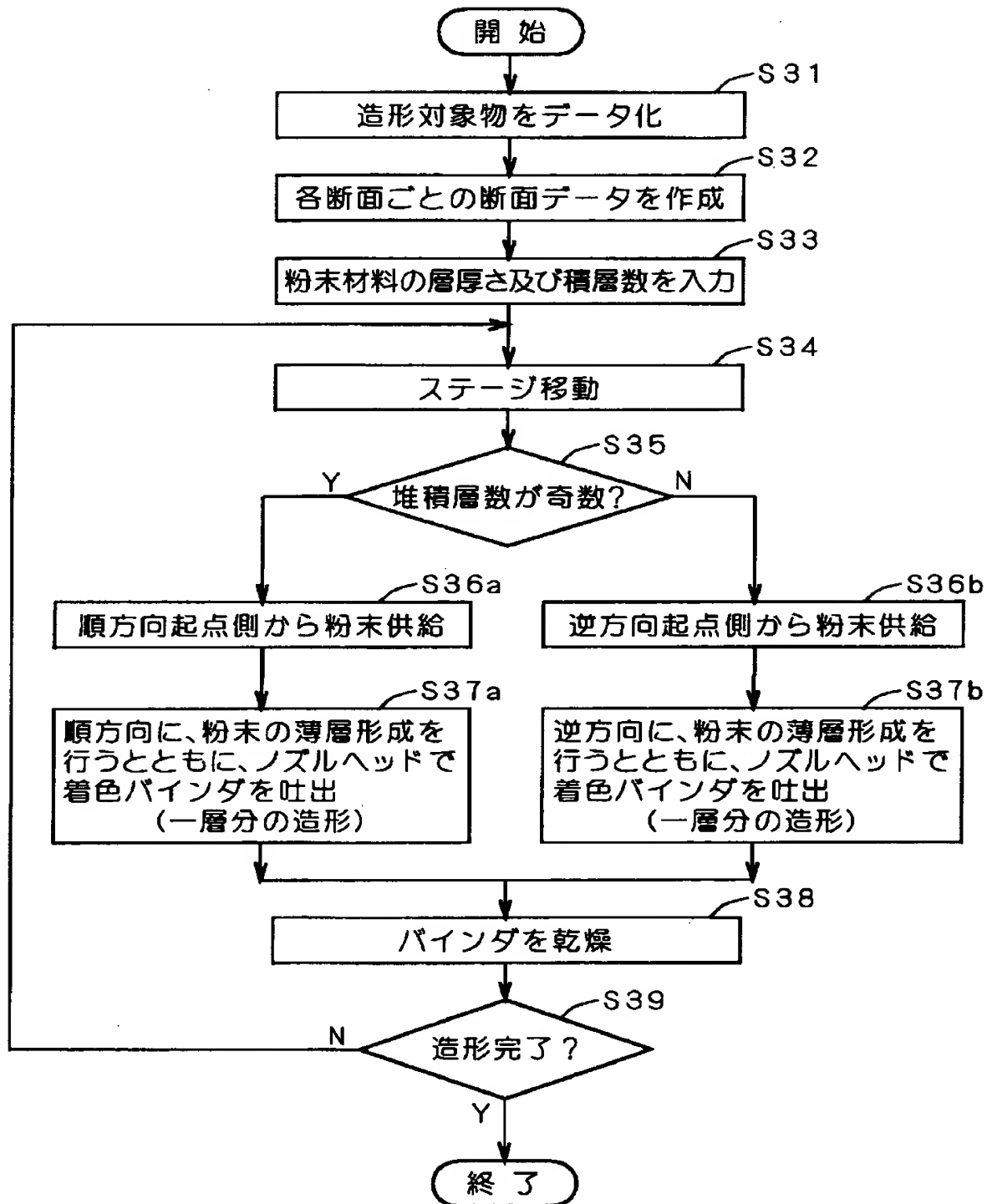
【図 12】



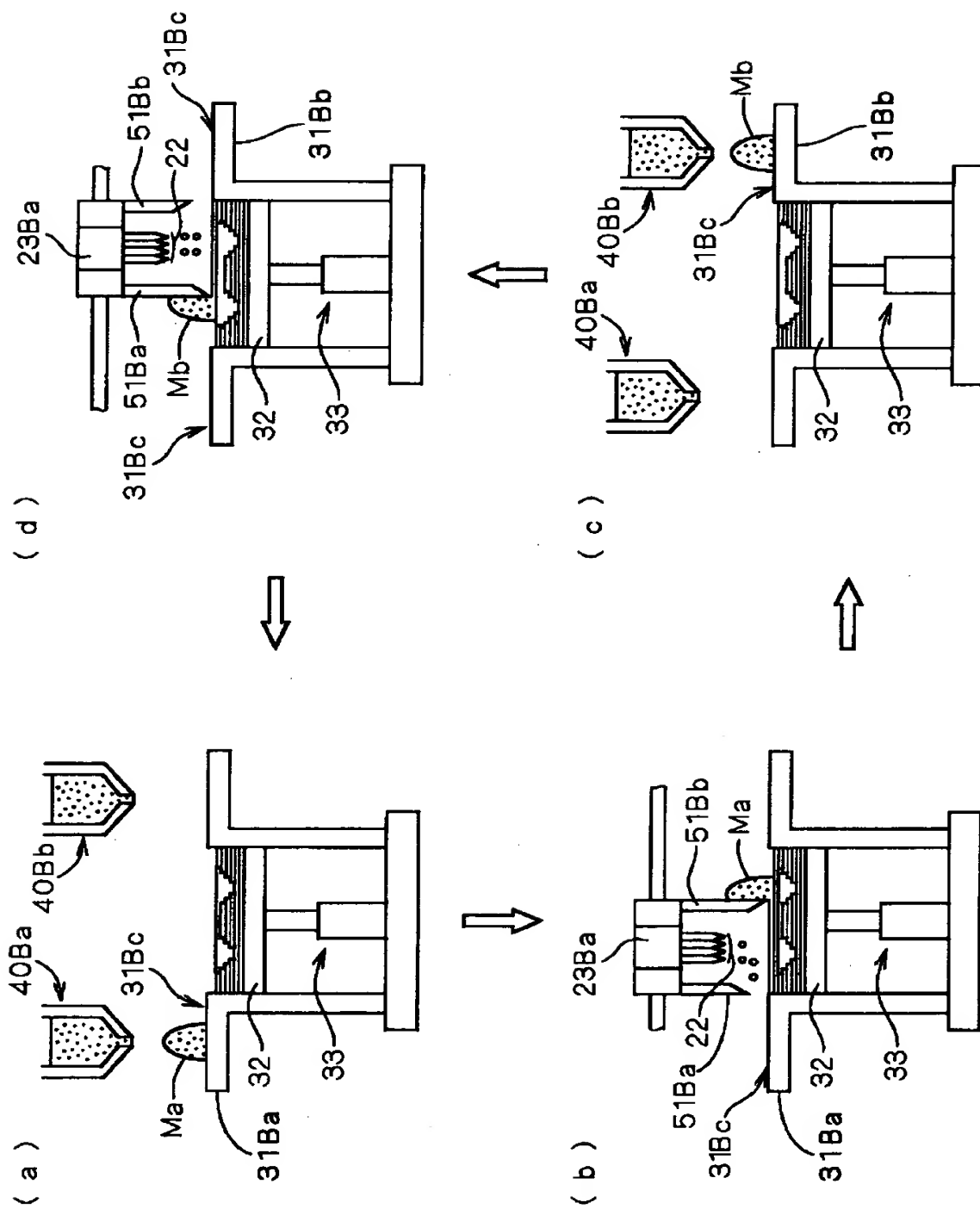
【図13】



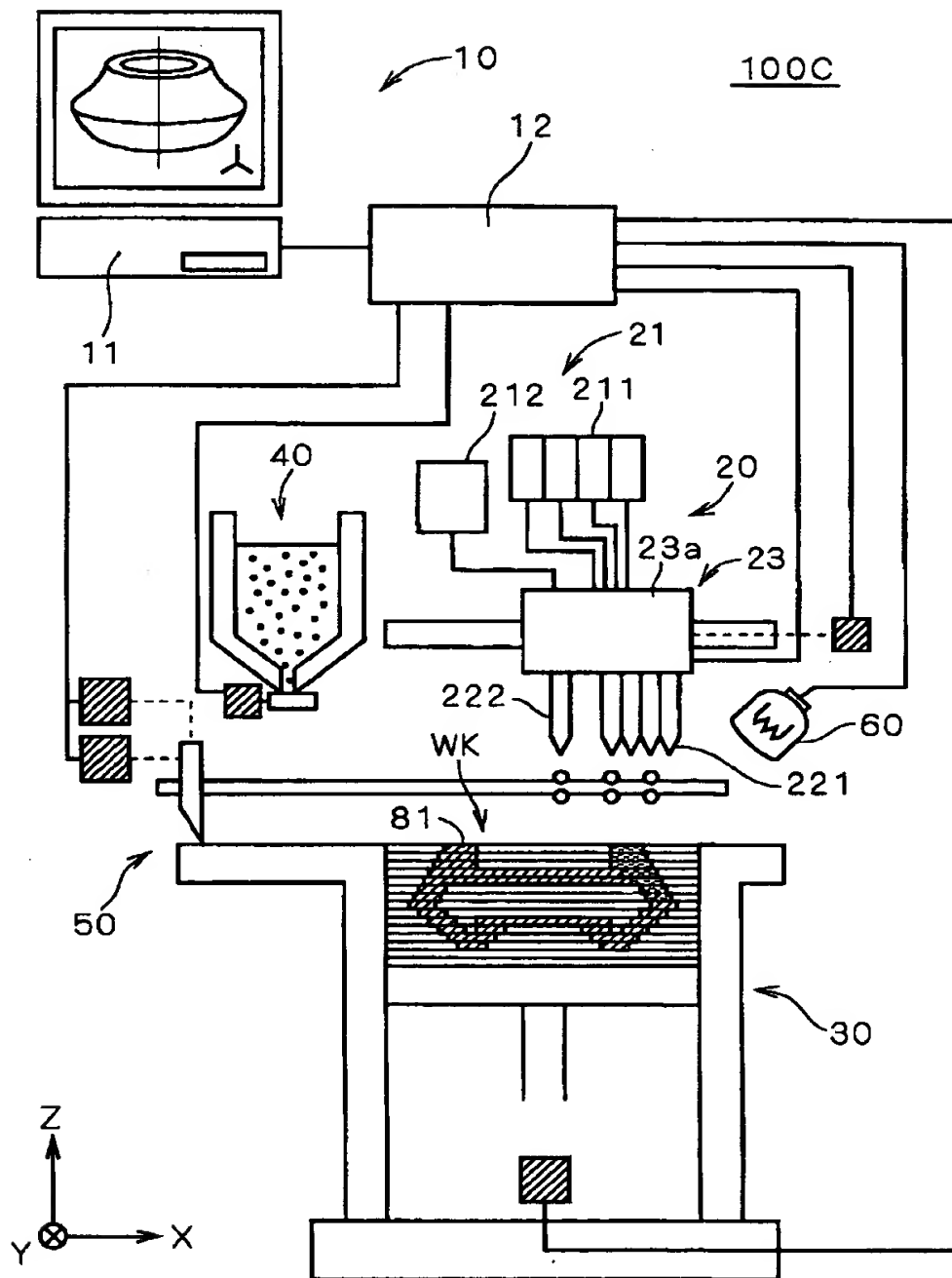
【図14】



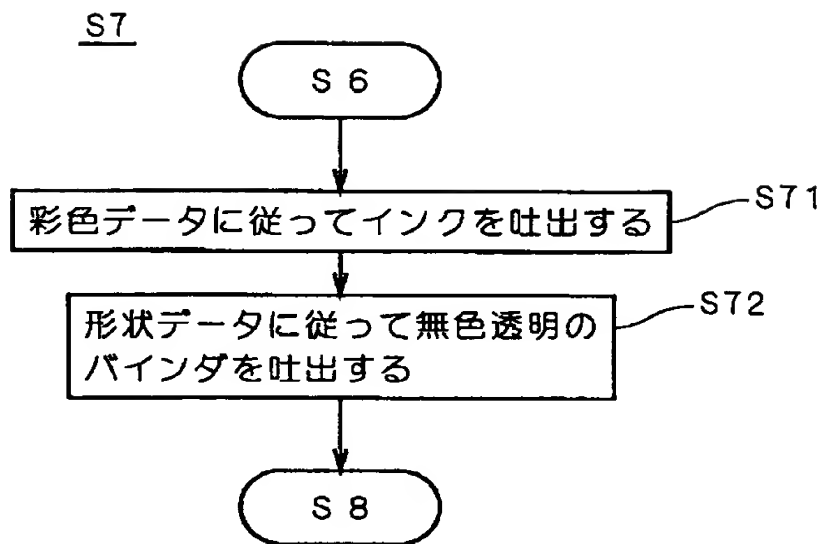
【 図 1 5 】



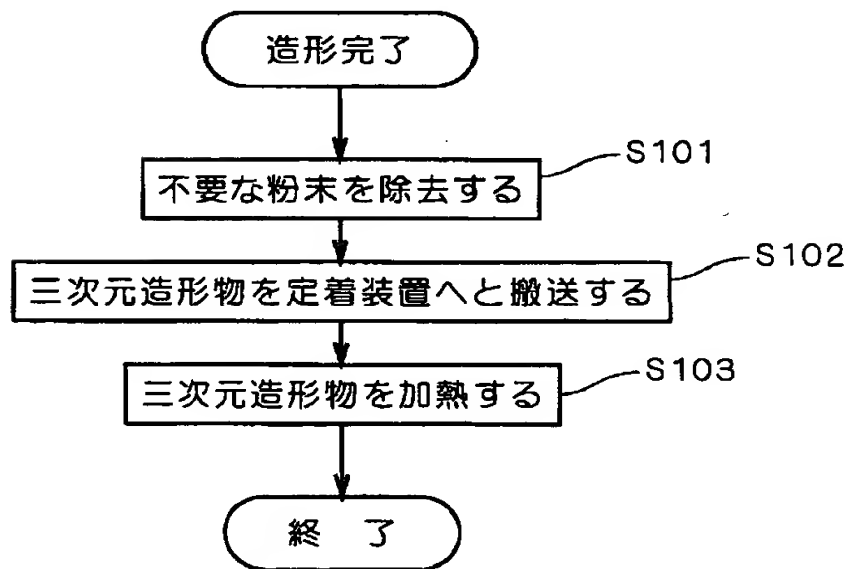
【図 16】



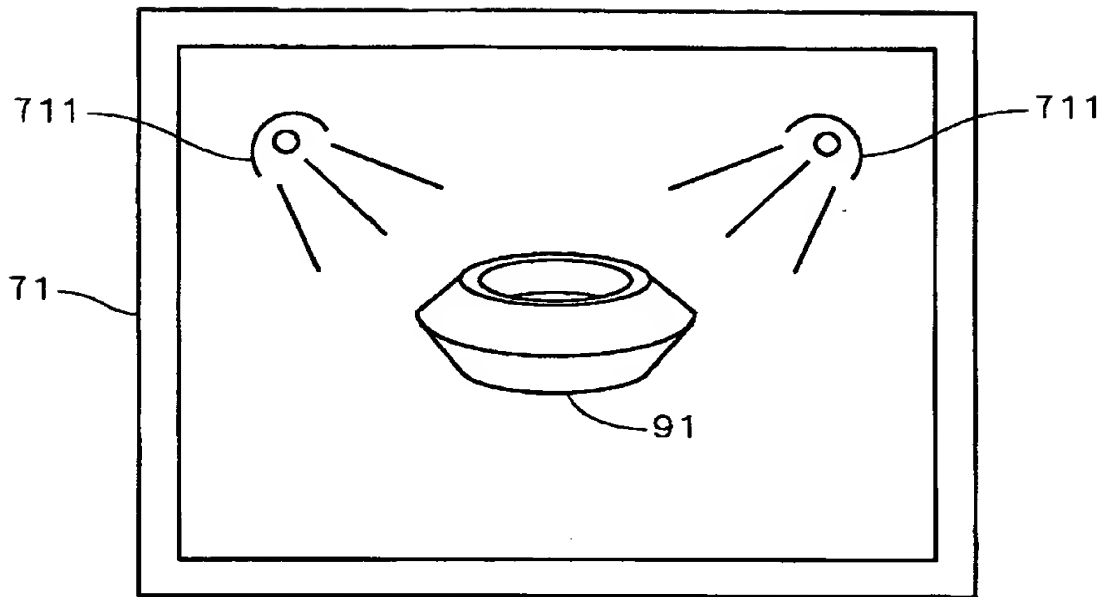
【図17】



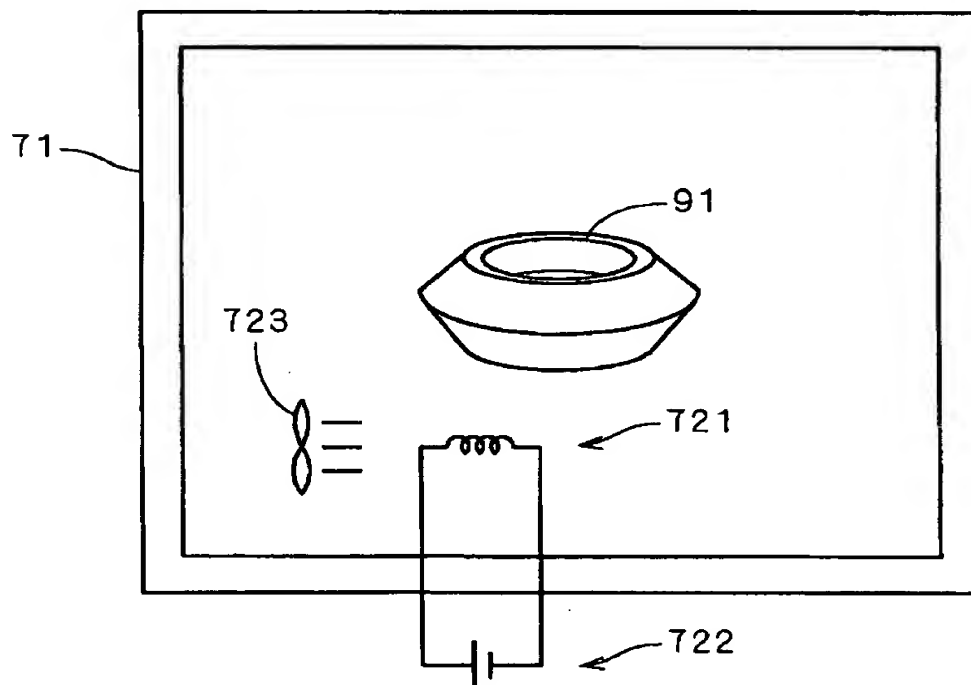
【図18】



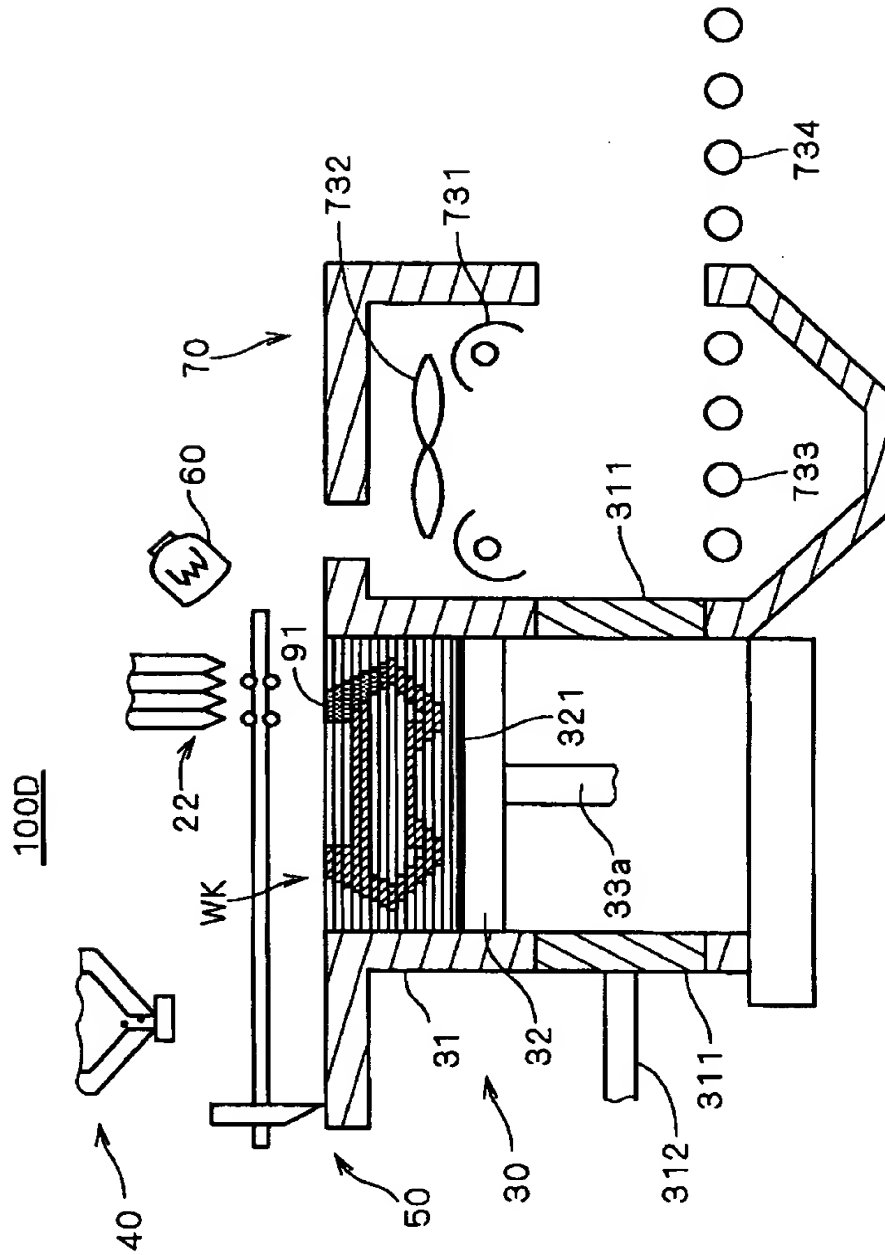
【図19】



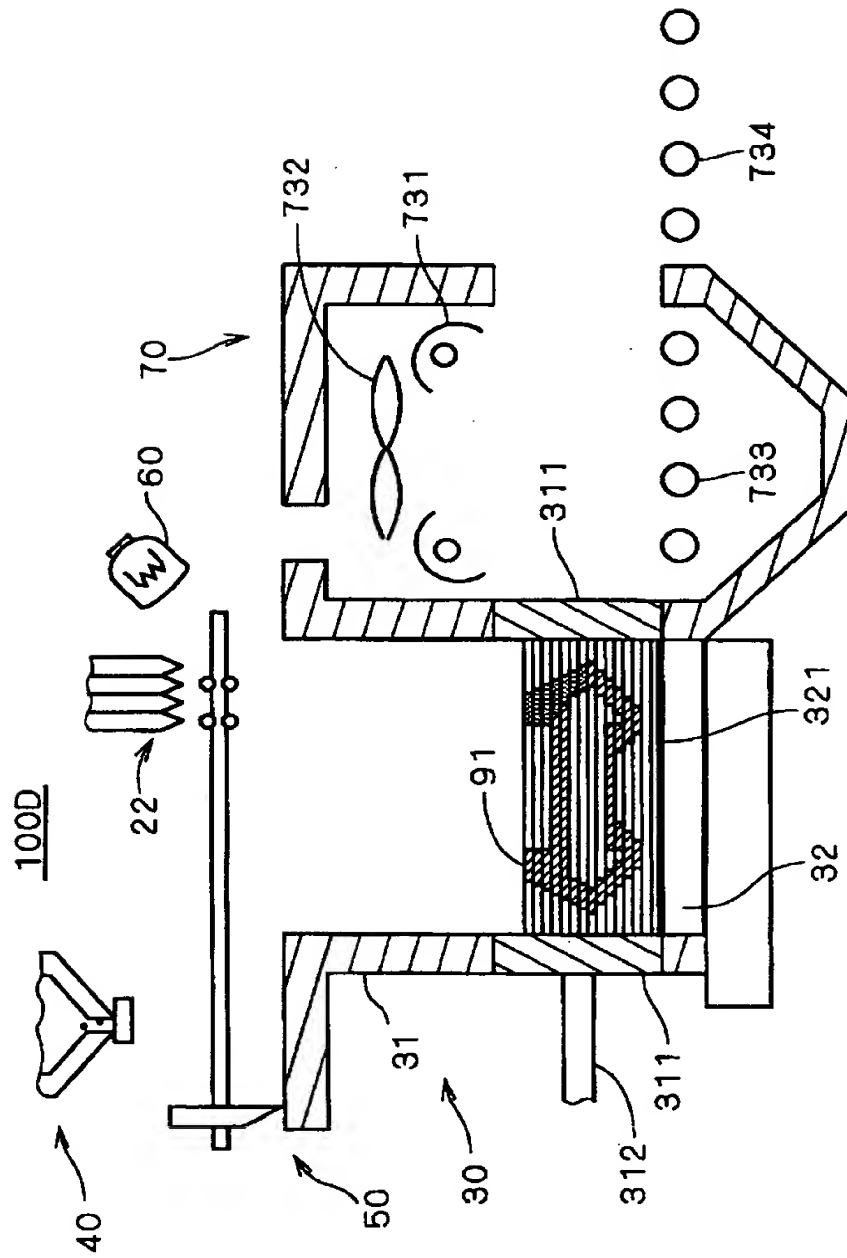
【図20】



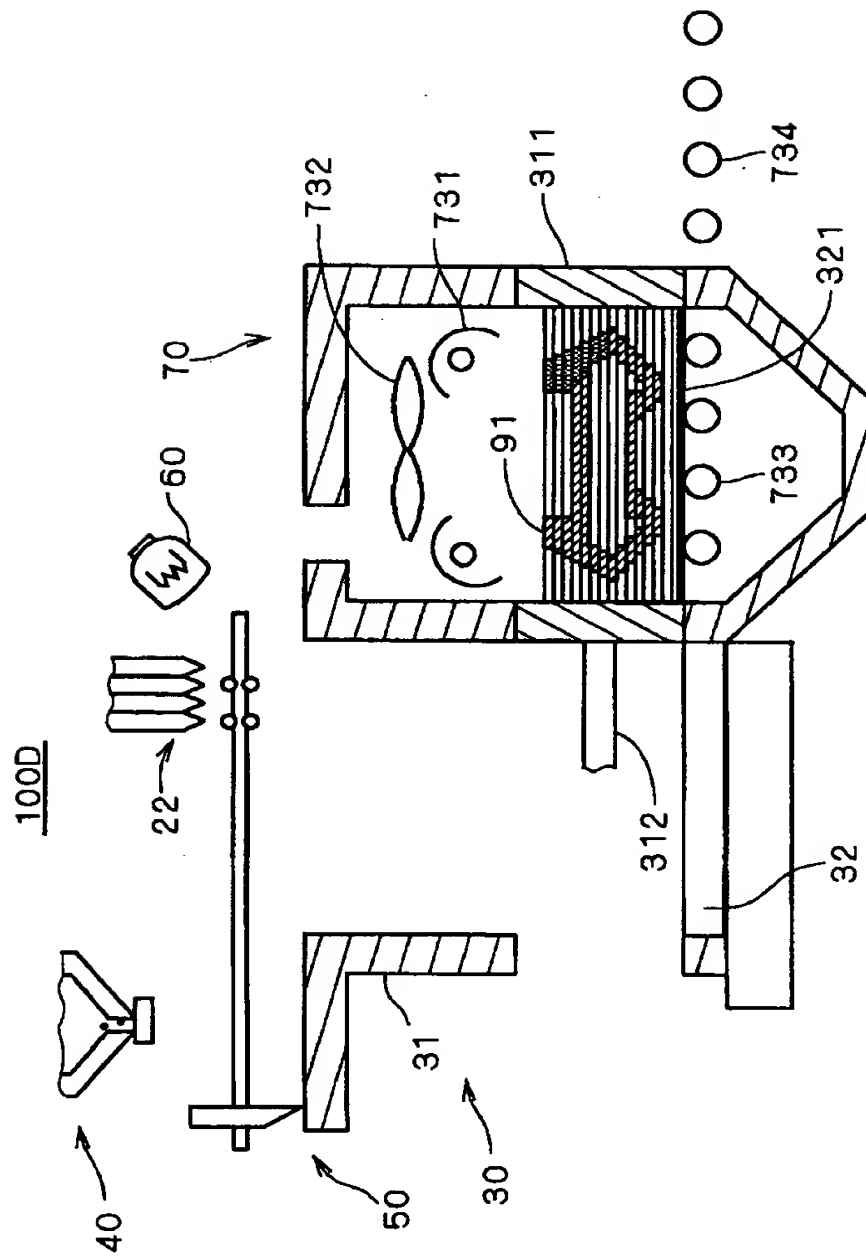
【図 21】



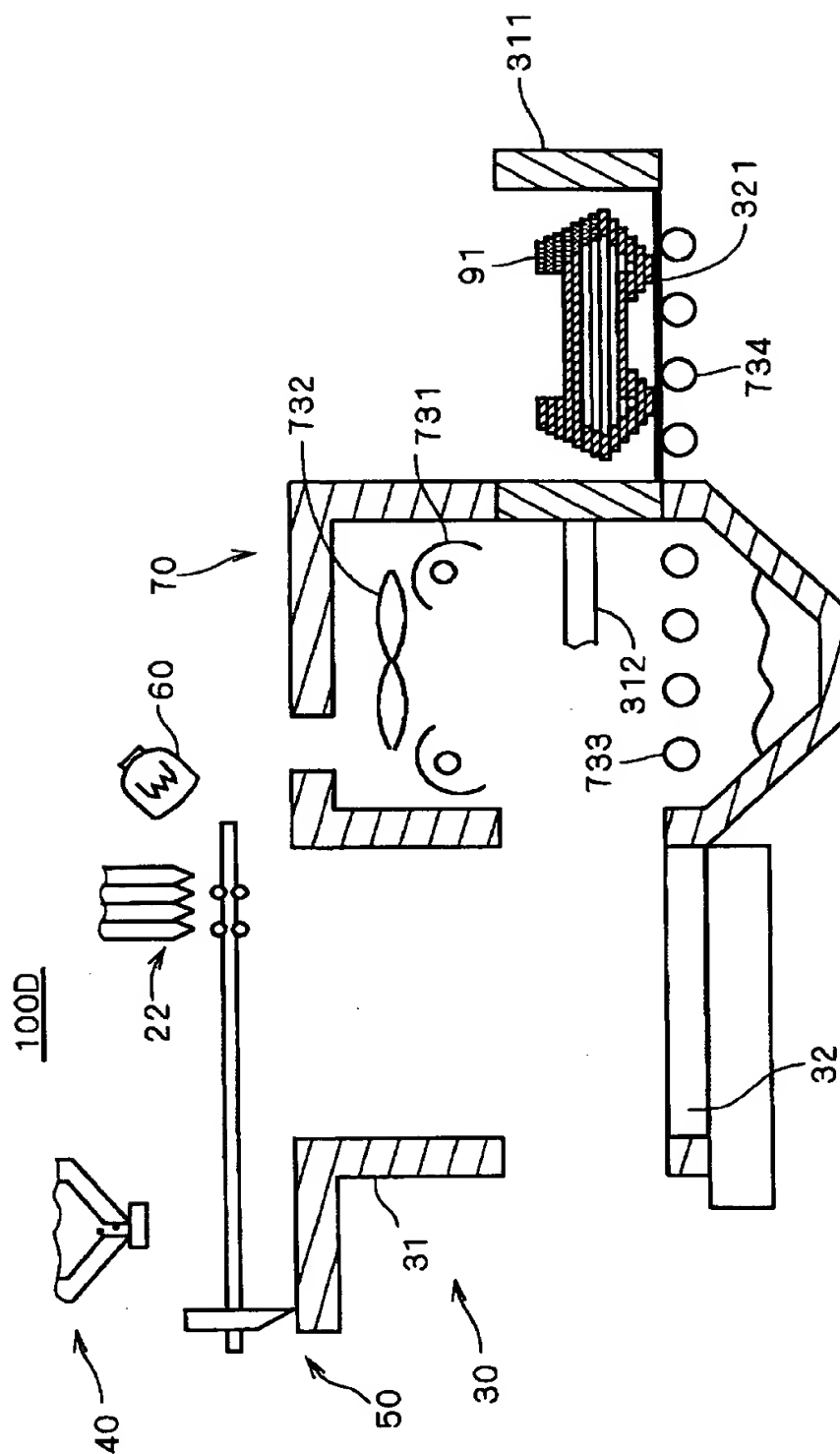
【図 2 2】



【図 23】



【図 24】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 短時間かつ低コストで、種々の特性を有する三次元造形物を生成できる三次元造形技術を提供する。

【解決手段】 三次元造形装置 1 0 0 において、ノズルヘッド 2 2 には複数の吐出ノズル 2 2 a ~ 2 2 d が設けられており、このうち吐出ノズル 2 2 a ~ 2 2 c は、Y、M、C に着色されたバインダを吐出し、吐出ノズル 2 2 d は白色に着色されたバインダを吐出する。吐出されたバインダは、造形ステージ 3 2 上に形成された粉末層の所定の領域において粉末を結合させる。複数の粉末層に対して、上記の動作を繰り返し行う。これにより、三次元造形物が造形されるとともに、造形過程において彩色が施される。その結果、短時間かつ低コストで、種々に彩色された三次元造形物を生成できる。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000006079]

1. 変更年月日 1994年 7月20日

[変更理由] 名称変更

住 所 大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル
氏 名 ミノルタ株式会社